Patrice OGUIC

Mesures et PC

PLUS DE 20 MONTAGES POUR RÉALISER UN SYSTÈME DE MESURES PILOTE PAR ORDINATEUR PC ET COMPATIBLES

CE LIVRE CONTIENT UNE DISQUETTE

ETSF
EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES

PATRICE OGUIC

MESURES ET PC

ETSF

EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES

2-12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19
Tél. : (1) 44.84.84.84

Ce pictogramme mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du **photocopillage**.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (**CFC**, 3 rue Hautefeuille, 75006 Paris).

© E.T.S.F., Paris 1995
ISBN 2 85535 236-3

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayant droit ou ayant cause, est illicite" (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

TABLE DES MATIERES

Introduction 7

CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	**Platine des alimentations des cartes externes**	17
3	**Carte d'entrées-sorties 32 lignes**	29
4	**Cartes multifonctions**	45
	A - La carte de base	46
	B - La carte des alimentations	55
	C - La carte à convertisseur numérique-analogique : DAC0808	60
	D - La carte à convertisseur analogique-numérique : AD7581	69
5	**Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures**	79
6	**Testeur de transistors NPN et PNP**	87
7	**Oscilloscope sur ordinateur PC**	97
	A - Cartes de base et alimentations	98
	B - La carte d'entrée à convertisseur AD	113
	C - La carte horloge	123
	D - La carte mémoire	132
	E - La carte de contrôle	142
8	**Analyseur logique sur ordinateur PC**	151
	A - La carte de l'étage d'entrée	152
	B - La carte de prélèvement des signaux	165
9	**Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits**	171

10	**Utilisation des capteurs**	187
	A - Carte à capteur de température LM35	188
	B - Carte à capteur de température AD595	194
	C - Carte à capteur de pression	202
11	**Vérificateur d'état de circuits logiques**	211
	Annexes	223

INTRODUCTION

Les appareils de mesures utilisés en électronique sont de plus en plus pilotés par microprocesseurs, ce qui permet, comme par exemple dans le cas de l'oscilloscope, de disposer de mémoires qui stockent les données et permettent un réaffichage afin de mieux observer les évènements. Ils disposent également, pour les plus sophistiqués d'entre eux, d'une interface imprimante et parfois même d'un traceur qui imprime le résultat sur une bande de papier. On peut ainsi garder une trace écrite des relevés de mesures, ce qui, dans bien des cas, facilite grandement le travail de l'électronicien.

Il est relativement facile, à l'aide d'un ordinateur de la gamme PC et compatibles de parvenir à ce résultat. Ce système possède en effet tous les éléments nécessaires à la réalisation d'appareils de mesures : l'écran pour l'affichage des résultats, le clavier pour l'entrée des commandes et les programmes divers qui permettront de gérer les cartes qui seront utilisées comme interface entre le microprocesseur et les données venant de systèmes externes.

La construction de ces cartes, comme on peut s'en douter, va donc faire l'objet du présent ouvrage. Sans prétendre rivaliser avec les appareils de mesures professionnels, elles permettront cependant l'acquisition de données analogiques et numériques avec une précision suffisante, en tout cas supérieure à celle des appareils à galvanomètre qui ont pourtant été utilisés de nombeuses années. Tous les montages décrits sont prévus pour fonctionner sur tous les modèles d'ordinateur de la gamme PC, de l'XT à l'AT486. Tous ont été réalisés par l'auteur et testés. Ils fonctionneront parfaitement à la condition que les recommandations et les conseils qui vous guideront tout au long de cet ouvrage soient scrupuleusement respectés.

La disquette fournie avec ce livre contient des programmes d'essais des cartes d'interface. Ces programmes, écrits en QUICKBASIC, vous permettront de tester vos réalisations et de les utiliser. Certains les trouveront peut-être incomplets. Il ne teindra qu'à eux de les améliorer pour tirer le meilleur parti de leurs montages.

Cette disquette contient également, et c'est là une nouveauté (en tout cas pour nous), les fichiers qui permettront l'impression directe des circuits imprimés sur transparents. On obtiendra ainsi directement le typon qu'il suffira d'utiliser. Celà facilitera énormément la réalisation des platines.

CHAPITRE PAGE

1 CARTE D'INTERFACE ET DÉCODAGE DES ADRESSES

Comment s'effectue ce décodage ? 10
Le schéma de principe de la carte de décodage des adresses 11
La réalisation pratique de la carte 13

2	Platine des alimentations des cartes externes	17
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29
4	Cartes multifonctions	45
5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79
6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171
10	Utilisation des capteurs	187
11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211
	Annexes	223

Les concepteurs du premier ordinateur PC, c'est-à-dire les ingénieurs de la société IBM, ont réservé dans l'espace des adresses d'entrées - sorties des périphériques de leur machine, un domaine d'adresses réservé aux différentes cartes prototypes qui pourraient être conçues par la suite. Ce fut là une très bonne idée, car ces adresses qui s'étalent entre H300 et H31F permettent, à l'aide d'un décodage complet, l'insertion de 32 cartes d'entrées - sorties. C'est bien sûr à ces adresses que se trouveront nos cartes.

COMMENT S'EFFECTUE SE DECODAGE ?

Il s'effectue d'une manière bien simple. Le tableau ci-dessous explique la façon dont les différentes lignes sont testées, pour quelques exemples d'adresses.

A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A0	A1	Adresses
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	H300
0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	H304
0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	H308
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	H30C
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	H310
0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	H314
0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	H318
0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	H31C

Comme on le voit, les lignes d'adresse A_5, A_6, A_7, A_{10} et A_{11} restent toujours à 0 et les lignes A_8 et A_9 à 1, lorsque la carte est adressée entre H300 et H31F. Au contraire, les lignes A_0 à A_4 changent d'état suivant l'adresse. La ligne A_{EN} présente toujours un état bas lorsqu'une adresse valide sur le bus est envoyée par l'utilisateur. Ainsi, il suffit de traiter ces deux groupes, A_0 à A_4 et A_5 à A_{11} séparément afin de disposer de tout le domaine d'adresse. Le groupe A_5 à A_{11} sera utilisé pour indiquer si l'ordre envoyé est destiné à une carte périphérique se situant dans le domaine des cartes prototypes ou non. Le groupe A_0 à A_4 situera avec précision l'adresse de cette carte prototype. Nous disposerons donc, comme nous le disions plus haut, de 2^5 adresses, soit 32. Nous allons voir maintenant comment traiter ces différentes lignes afin de pouvoir les utiliser.

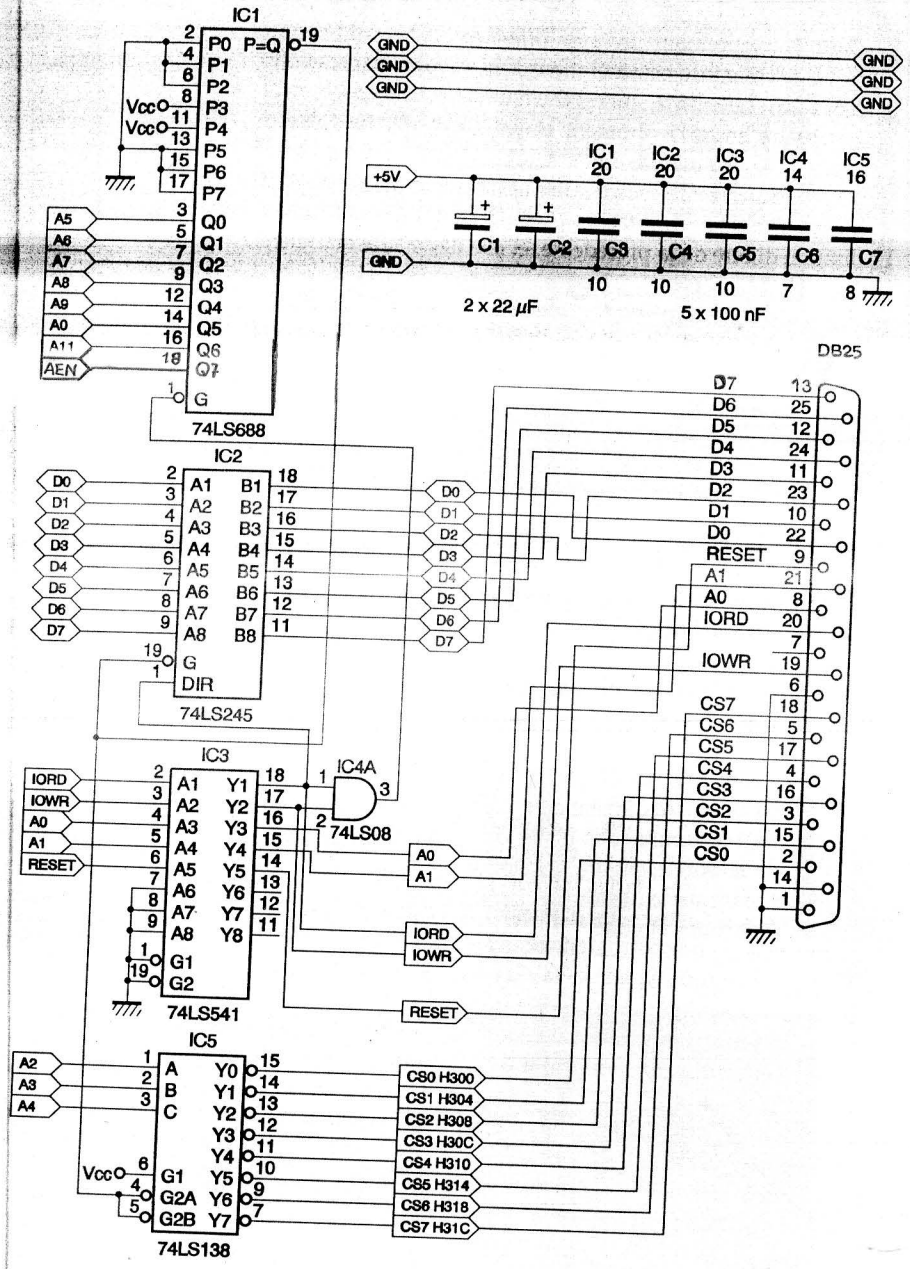
LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE DE DÉCODAGE DES ADRESSES

Dans notre premier ouvrage (*Interfaces PC*) qui traitaient principalement de commutations tout ou rien, nous avions déjà décrit cette carte, qui est le circuit de liaison absolument nécessaire entre l'ordinateur et les cartes externes. Nous sommes contraints de réitérer cette description, en nous excusant auprès de ceux d'entre nos lecteurs qui seraient en possession de notre premier livre. Quoiqu'il en soit, la réalisation diffère de la précédente, et elle devra être fabriquée.

Le schéma de principe est donné en figure 1.1. Le groupe des lignes A_5 à A_{11}, ainsi que la ligne A_{EN} parviennent aux entrées Q d'un circuit intégré 74LS688. Ce circuit est un comparateur. Sur ses entrées P sont appliqués des niveaux logiques prédéterminés. Comme son nom l'indique, il compare donc l'état de ses lignes d'entrée Q avec celui de ses entrées P. Ainsi lorsque les lignes d'adresses A_5, A_6, A_7, A_{10} et A_{11} et la ligne A_{EN} présentent un niveau bas, et les lignes A_8 et A_9 présentent un niveau haut, sa sortie P = Q passe au niveau logique bas, indiquant aux circuits suivants que la carte prototype est adressée. Cela se produit lorsque sur son entrée de validation G/ un niveau logique bas est appliqué soit par la ligne IOWR/ (écriture) soit par la ligne IORD/ (lecture). Cette sortie P = Q valide entre autre, un circuit décodeur- démultiplexeur 3 vers 8 par ses entrées de validation G2A et G2B. En effet, ses trois entrées A, B et C sont connectées aux lignes d'adresses A_2, A_3 et A_4. Ainsi, lorsque le comparateur IC_1 signale l'adressage, A_2, A_3 et A_4 peuvent présenter des niveaux différents et partagent ainsi le domaine des cartes prototypes en huit parties. Par exemple, si ces trois lignes présentent un niveau bas, ce sera la sortie Y_0 qui présentera également un niveau bas, et ce signal sera utilisé pour la validation des cartes suivantes. Si cette fois, la ligne A_2 présente un niveau haut, la sortie Y_1 est validée, et ainsi de suite. Le tableau ci-dessous indique les différentes adresses attribuées aux sorties Y_0 à Y_7 :

$Y_0 \longrightarrow$ H300
$Y_1 \longrightarrow$ H304
$Y_2 \longrightarrow$ H308
$Y_3 \longrightarrow$ H30C
$Y_4 \longrightarrow$ H310
$Y_5 \longrightarrow$ H314
$Y_6 \longrightarrow$ H318
$Y_7 \longrightarrow$ H31C

Figure 1.1.



Mais nous ne sommes alors qu'en présence de huit adresses distinctes. Nous sommes loin des 32 signalées tout à l'heure. Oui, mais il reste les lignes A_0 et A_1 qui n'ont pas encore été utilisées. Elles restent disponibles et seront employées par certaines des cartes externes. Nous avons donc bien notre compte, et le domaine des cartes prototypes a été entièrement décodé. La sortie du comparateur IC_1 valide également le circuit IC_2, qui est un 74LS245, utilisé comme tampon de bus bidirectionnel. Il fonctionne de la manière suivante : lorsqu'il est validé par son entrée G/ et que son entrée DIR est maintenue au niveau haut, le bus de données (D_0 à D_7) transmet ses informations du microprocesseur vers l'extérieur. Lorsqu'au contraire, son entrée DIR est soumise à un niveau bas, les informations transitent de l'extérieur vers le microprocesseur. La broche DIR est donc connectée à la ligne IORD/ qui se chargent de présenter automatiquement ces niveaux lors d'une écriture ou d'une lecture.

Le circuit IC_3 est un amplificateur de type 74LS541. Il est chargé d'isoler les lignes provenant du bus de l'ordinateur des cartes qui utiliseront ces lignes. Nous ne sommes en effet jamais à l'abri d'une fausse manoeuvre, et la présence de ce circuit est une très bonne sécurité pour le micro-ordinateur. Il fait transiter les lignes AO et A_1, IORD/ et IOWR/, et la ligne RESET. Tous les circuits intégrés ont leur ligne d'alimentation positive découplée par un condensateur de 100 nF. De plus, deux condensateurs de 22 µF filtrent la tension de +5 V prélevée sur le bus du PC.

Toutes les lignes sont disponibles en sortie sur un connecteur DB25 broches, qui permettra à l'aide d'un câble de liaison, la connexion aux cartes externes.

LA RÉALISATION PRATIQUE DE LA CARTE

Cette carte est obligatoirement réalisée en circuit double face puisqu'elle est destinée à être insérée dans l'un des slots libres de l'ordinateur. Nous avons tenté, tant que faire se peut, de proposer le minimum de cartes en circuit double face, conscients de la difficulté que représente cette technique pour les moins expérimentés d'entre nos lecteurs.

Le dessin du circuit imprimé côté composants est donné en figure 1.2. Celui de la face côté soudures est donné en figure 1.3. Afin de mener à bien le câblage de la carte, il conviendra d'utiliser le dessin d'implantation représenté en figure 1.4.

Tous les circuits intégrés seront placés sur des supports de type marguerite. Il ne faut en aucun cas utiliser les supports de type double lyre. En effet, certaines broches des circuits intégrés demandent à être soudées sur le dessus de la platine, et cela serait rendu impossible par l'utilisation de ces supports qui reposent sur l'époxy sans que l'on puisse atteindre les pattes afin de les souder. Il faudra bien sûr

Figure 1.2.

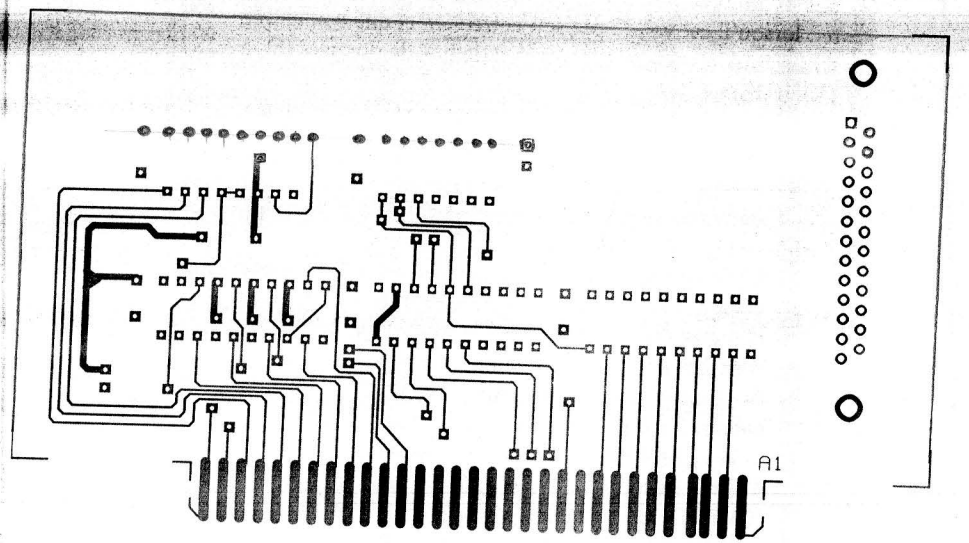
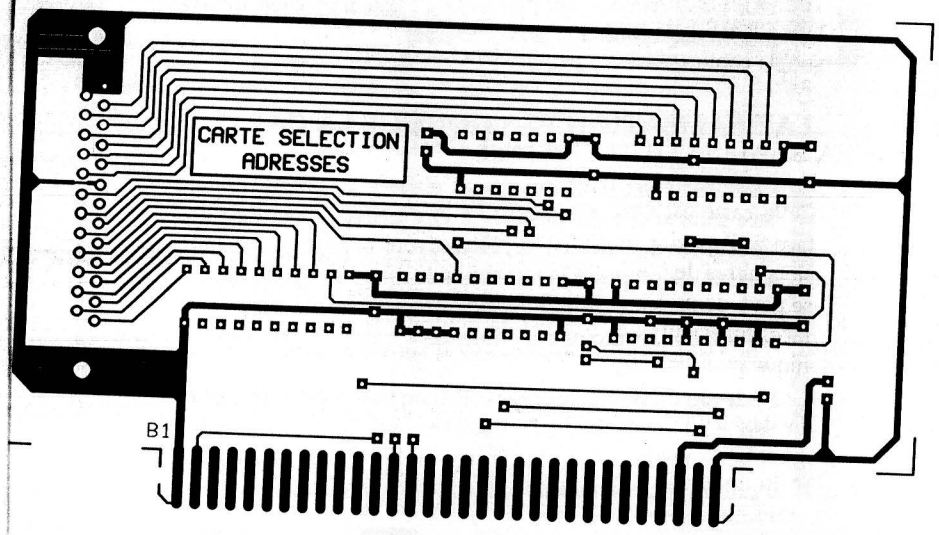


Figure 1.3.



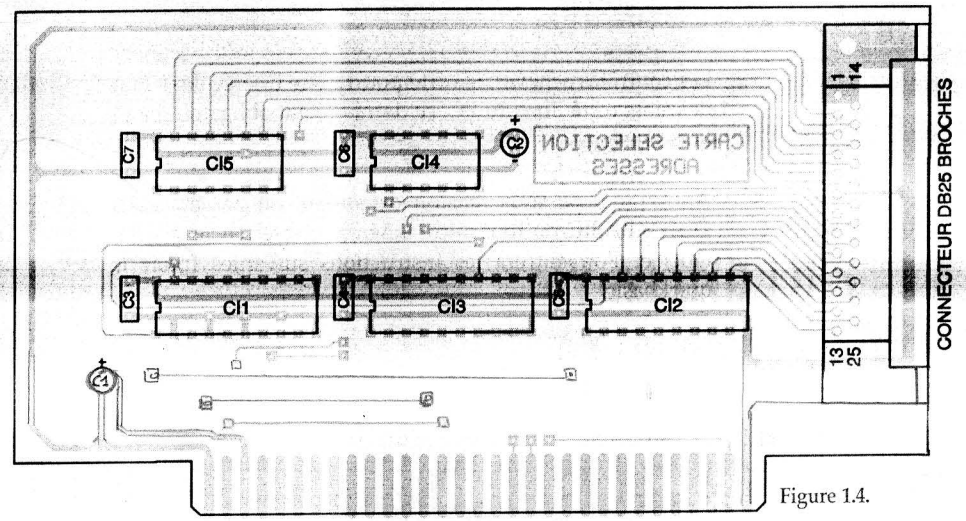


Figure 1.4.

mettre en place toutes les traversées recto verso avant toute autre chose, car certaines d'entre elles sont situées sous les circuits intégrés.

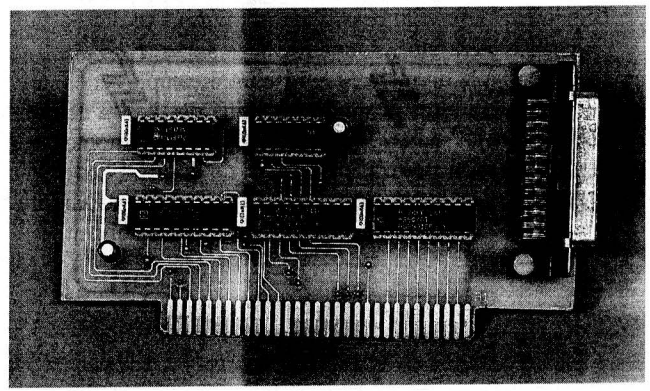
On achèvera le câblage par la mise en place des condensateurs et du connecteur DB25.

Avant de passer à l'étape suivante, la platine devra préalablement être dûment contrôlée : vérification de l'absence de microcoupures des pistes du circuit imprimé, vérification de la bonne qualité des soudures (surtout pour celles de situant sur le dessus du circuit), et vérification d'absence de tout court- circuit.

Liste des composants

Circuits intégrés :
IC_1 : 74LS688,
IC_2 : 74LS245,
IC_3 : 74LS541,
IC_4 : 74LS08,
IC_5 : 74LS138.

Condensateurs :
C_1, C_2 :
22 µF 16 volts,
C_3, C_4, C_5, C_6,
C_7 : 100 nF.



Divers :
1 connecteur DB25 broches femelle,
3 supports pour circuit intégré 20 broches,
1 support pour circuit intégré 16 broches,
1 support pour circuit intégré 14 broches.

Les essais de la carte

Les contrôles achevés, la carte pourra être insérée dans l'un des slots resté libre du PC, ce dernier étant obligatoirement hors tension.

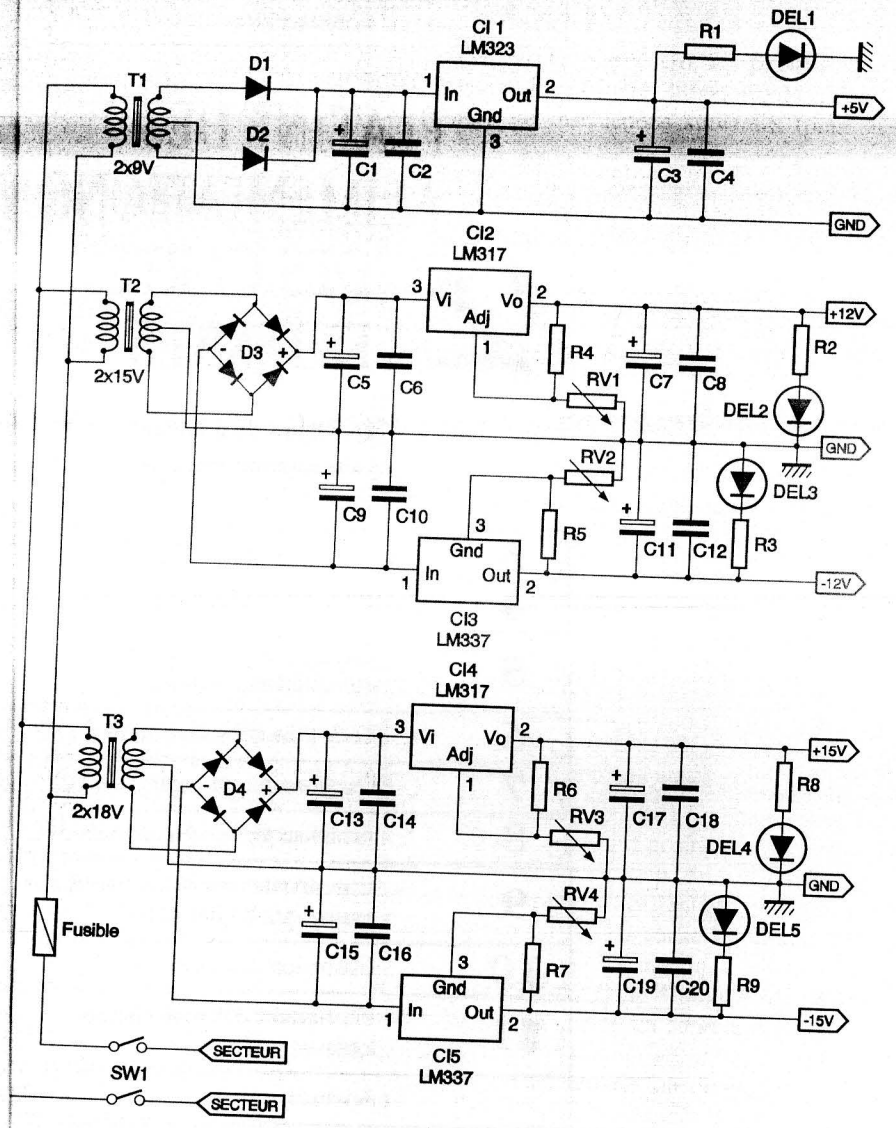
Après la mise sous tension du micro, on passera sous QUICKBASIC ou tout autre langage utilisé par le réalisateur, et l'on entrera les instructions suivantes (pour le quickbasic) :

```
DO
OUT &H300,0
SLEEP 2
OUT &H304,0
SLEEP 2
OUT &H308,0
SLEEP 2
OUT &H30C,0
SLEEP 2
OUT &H310,0
SLEEP 2
OUT &H314,0
SLEEP 2
OUT &H318,0
SLEEP 2
OUT &H31C,0
SLEEP 2
LOOP
```

Ce petit programme permettra, à l'aide d'une sonde logique comme appareil de visualisation, de tester les lignes de sorties du circuit IC_5. Il faudra au départ positionner la sonde sur la sortie Y_0 et lancer l'exécution du programme. Lorsque la sortie sera passée un bref instant au niveau bas, on positionnera alors la sonde sur la sortie Y_1 et ainsi de suite jusqu'à la dernière. Si le résultat escompté est obtenu, on connectera alors la sonde sur l'une des lignes de données et l'on constatera qu'elle passe un court moment au niveau bas. On pourra, pour plus de sécurité, les tester toutes. Si tel est le cas, c'est que la carte fonctionne parfaitement et que l'on peut alors passer au chapitre suivant.

CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	**PLATINE DES ALIMENTATIONS DES CARTES EXTERNES**	
	Le schéma de principe	19
	La réalisation pratique	23
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29
4	Cartes multifonctions	45
5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79
6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171
10	Utilisation des capteurs	187
11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211
	Annexes	223

Figure 2.1.



La platine que nous vous proposons de réaliser dans ce chapitre permettra de disposer de toutes les tensions que les cartes externes nécessiteront pour leur fonctionnement. Cependant, ce montage est facultatif. En effet, toutes les cartes suivantes sont proposées avec leur alimentation propre, dans le but de pouvoir les insérer dans des coffrets qui les protégeront et qui les rendront plus esthétiques. Si nous avons proposé cette alimentation supplémentaire, c'est pour deux raisons. L'investissement engagé par la réalisation de plusieurs alimentations indépendantes n'est sans doute pas à la portée de tous, surtout en ce qui concerne les transformateurs et les condensateurs chimiques. De plus, sans entrer dans le domaine financier, certains réaliseront ces cartes à titre expérimental ou éducatif. Il ne sera pas nécessaire dans ce cas de réaliser plusieurs alimentations. Nos lecteurs décideront au mieux de leur intérêt.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe est donné en figure 2.1. La régulation et la stabilisation font appel à des circuits intégrés, moyen le plus simple et le plus efficace afin d'obtenir des tensions parfaitement stables.

La tension la plus utilisée sera celle de + 5 V, nécessaire aux circuits logiques, circuits les plus nombreux. Il faut donc que l'intensité pouvant être débitée par le circuit soit suffisante. Nous avons utilisé un circuit LM323, circuit pouvant fournir un courant maximal de 3 A. Ce circuit est protégé pratiquement contre toutes les fausses manœuvres. Il contient une limitation de courant, une limitation de puissance, et un disjoncteur thermique qui le protège en cas d'élévation de température exagérée de son boîtier. A toutes fins utiles nous donnons son schéma interne en figure 2.2. En figure 2.3 est représenté le boîtier comportant l'emplacement des diverses broches, et les dessins de la figure 2.4 donnent des exemples de montages permettant l'obtention d'une tension plus élevée ou un débit de sortie plus important. La tension qui alimente son entrée provient d'un transformateur de 2 x 9 V et d'une puissance de 35 VA. Les diodes D_1 et D_2 redressent cette tension alternative qui est ensuite filtrée par les condensateurs C_1 de 3000 µF et C_2 de 100 nF. Le point milieu du transformateur fait office de masse. A la sortie du régulateur, la tension de + 5 V est une dernière fois filtrée par C_3 et C_4, d'une valeur respective de 22 µF et 100 nF. La diode DEL_1, dont le courant y circulant est limité par la résistance R_1 indique la présence de la tension en sortie du régulateur.

Figure 2.3.

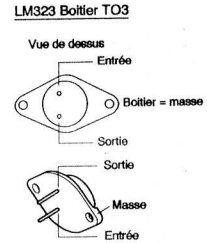


Figure 2.2.

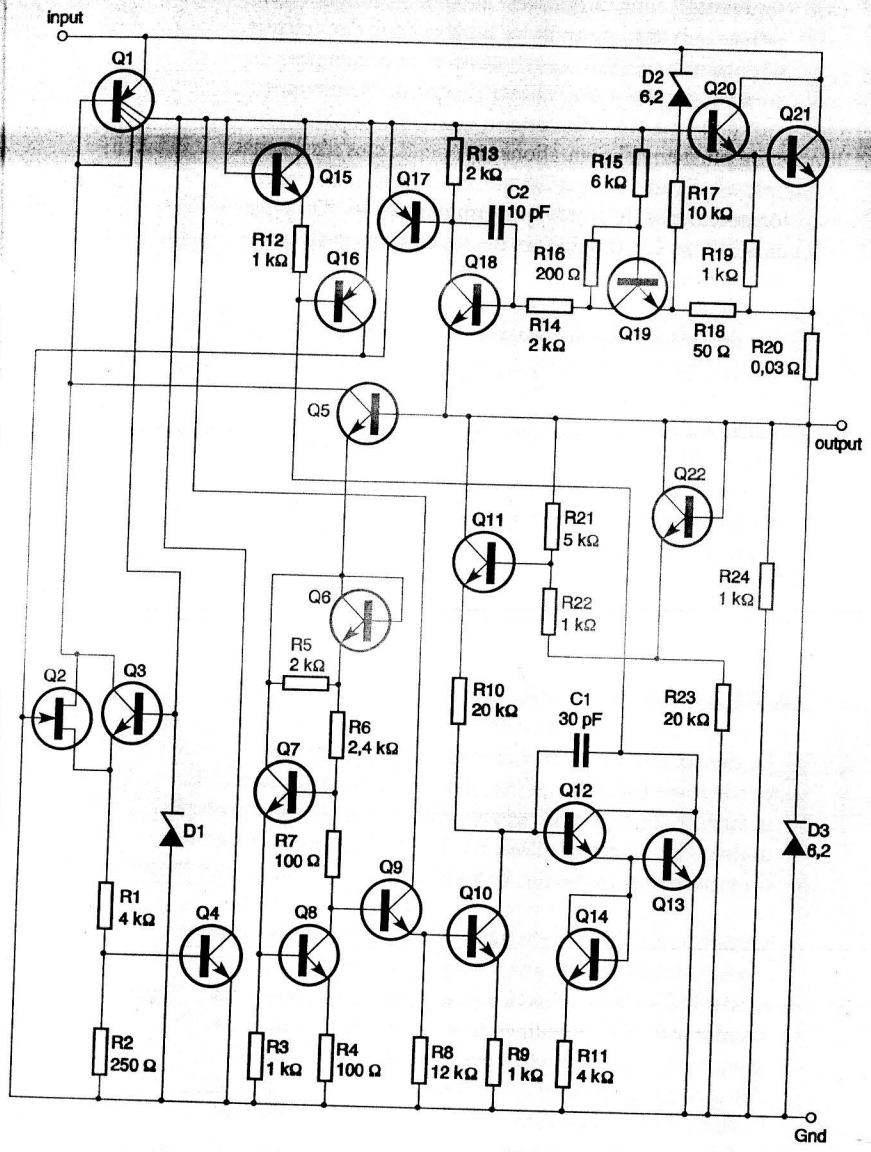
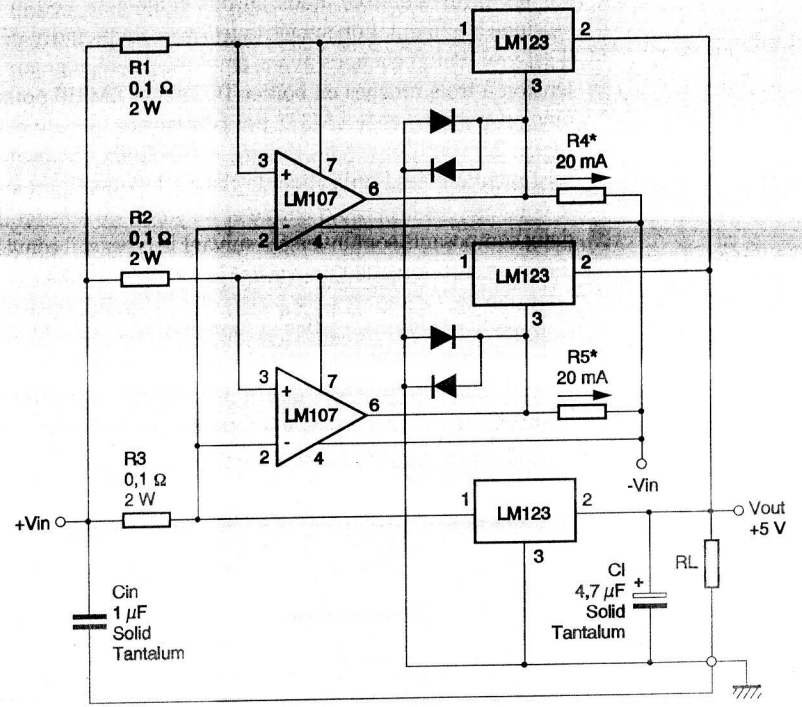


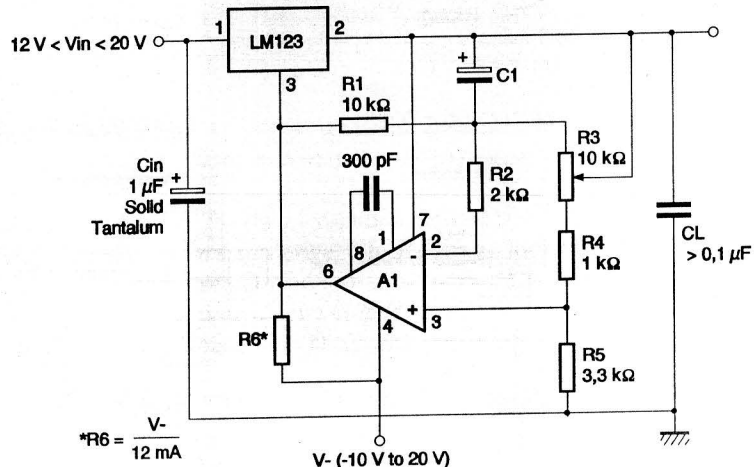
Figure 2.4.

10 Amp Regulator with Complete Overload Protection



*Select for 20 mA Current from Unregulated Negative Supply

Adjustable Regulator 0V - 10V @ 3A



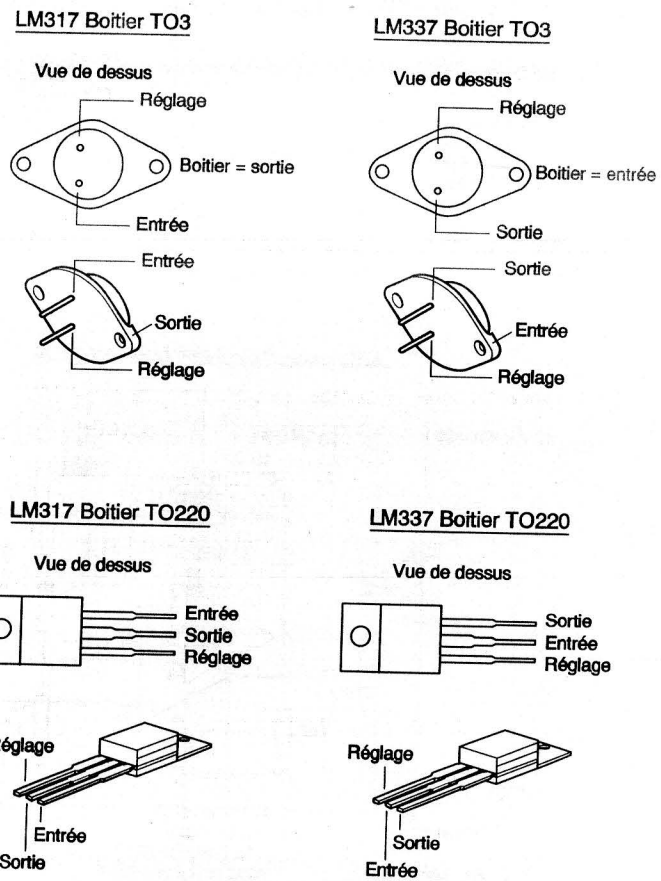
A1 - LM101A

C1 - 2 μF Optional-Improves Ripple Rejection, Noise, and Transient Response

De nombreux amplificateurs opérationnels étant employés sur les cartes annexes, nous aurons également besoin de tensions d'alimentation symétriques, avec un moindre débit il est vrai. Pour cela nous avons employé des régulateurs de tension à trois broches en boîtier TO220, les LM317 pour la tension positive et le LM337 pour la tension négative. En figure 2.5 sont donnés les dessins des boîtiers sur lesquels sont mentionnées l'utilisation de chaque broche. Comme on le constate, les broches d'entrée et de sortie de tension des deux composants sont inversées suivant le type, et il convient d'être attentif lorsque l'on conçoit le circuit imprimé.

Comme le LM323, les LM317 et LM337 comportent des protections internes telles qu'une limitation interne de courant et une disjonction thermique qui les mettent à l'abri de toute détérioration. Ils peuvent fournir un courant maximal

Figure 2.5.



de 1,5 A, ce qui sera largement suffisant pour l'utilisation que nous devrons en faire. Pour conclure, ces deux régulateurs possèdent une broche de réglage qui permet d'amener très exactement leur tension de sortie à la valeur souhaitée.

Revenons à notre figure 2.1. Le transformateur T_2 qui comporte deux enroulements secondaires fournit deux tensions alternatives de 15 V. Les deux extrémités des enroulements sont connectées à un pont de diodes de redressement, et le point milieu est utilisé pour la masse. Les deux tensions continues sont alors filtrées par les condensateurs chimiques C_5 et C_9 de 1500 µF, et C_6 et C_{10} de 100 nF. Ces deux tensions de sens opposé alimentent les régulateurs CI_2 (LM317) et CI_3 (LM337) et les résistances ajustables RV_1 et RV_2 permettent de régler leurs tensions de sortie.

Un dernier filtrage (compensation en fréquence) est assuré par les condensateurs C_7, C_8, C_{11} et C_{12}. Les diodes DEL_2 et DEL_3 indiquent la présence de tensions en sorties. Cette partie du montage sera utilisée pour l'obtention du + 12 V et du – 12 V.

La troisième et dernière partie de l'alimentation est identique à celle que nous venons de voir, à quelques détails près. Le transformateur TR_3 fournit deux tensions de 18 V et la valeur de celles de sortie devra être ajustée à ± 15 V.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est reproduit en figure 2.6. Il est de taille relativement imposante et occupe la totalité de la surface d'une plaque époxy 100 x 160 mm. Les transformateurs ne sont pas placés sur le circuit, ceux-ci occupant un espace beaucoup trop important.

La figure 2.7 donne le schéma d'implantation des composants. Comme le bon sens l'exige, tous les straps, les résistances et les diodes seront placés en premier lieu. L'espace laissé sur la platine pour la mise en place des gros condensateurs de filtrage laisse libre choix quant au modèle que l'on pourra se procurer. Les deux capacités marquées C_1 correspondent à la mise en parallèle de deux condensateurs de 1500 µF. Le LM323 sera obligatoirement placé sur un dissipateur de bonne taille, ainsi que les quatre autres régulateurs en boîtier TO220. Ceci n'a pas été fait sur la photographie illustrant ce chapitre, car le dissipateur aurait alors

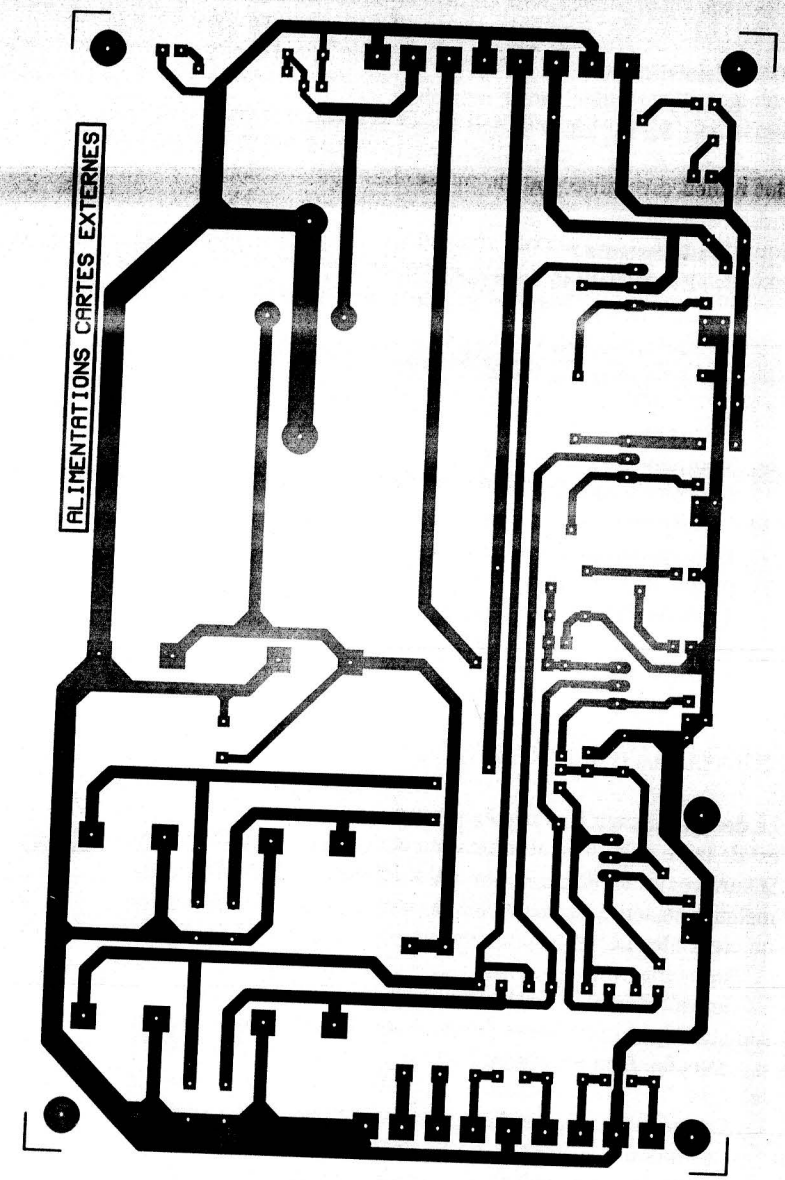


Figure 2.6.

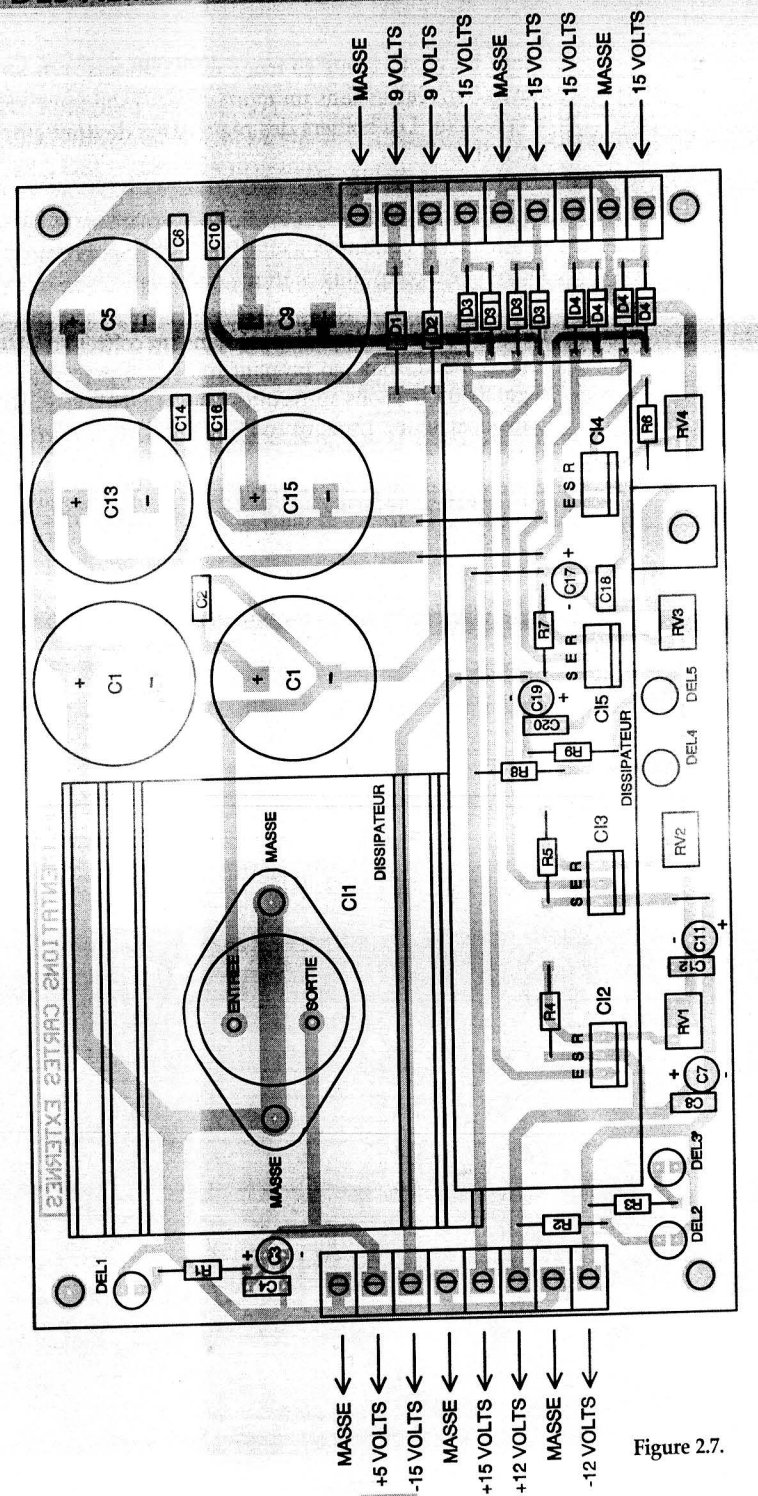


Figure 2.7.

caché les composants se trouvant dessous. Ce dissipateur devra être réalisé dans un morceau de Duralumin de 2 mm d'épaisseur. Les boîtiers des régulateurs devront être isolés du métal.

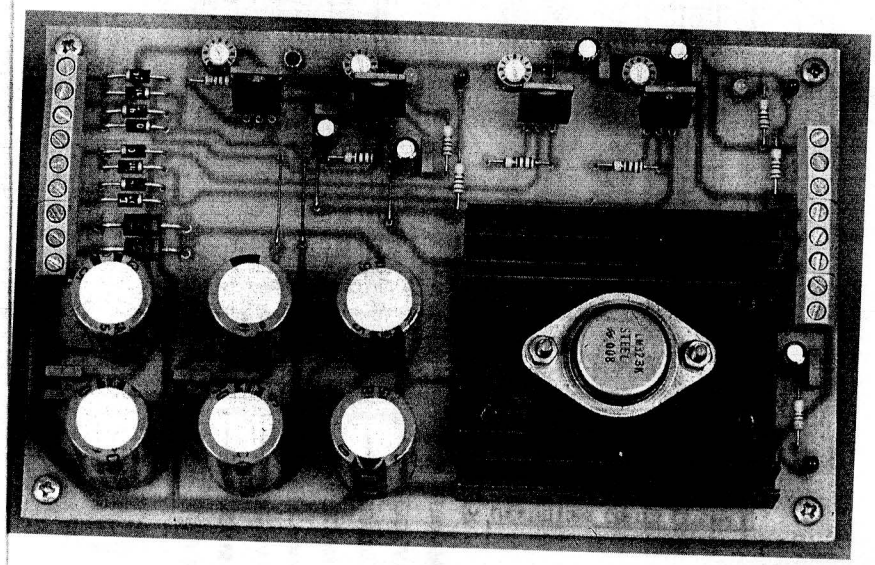
Les entrées des diverses tensions alternatives et les sorties des tensions continues s'effectuent sur des borniers à vis, moyen beaucoup plus pratique que les picots à souder.

Le montage sera alors disposé dans un coffret en plastique (ou en métal, mais en prenant toutes les précautions d'usage) de dimensions suffisantes pour contenir également les transformateurs. Dans ce cas, les DEL's ne seront pas placées sur le circuit imprimé mais sur la face avant qui supportera également l'interrupteur SW_1 de mise en et hors tension. Le fusible sera placé sur la face arrière.

Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 : LM323,
CI_2, CI_4 : LM317,
CI3, CI5 : LM337.

Semi-conducteurs :
D_1, D_2 : BY251,
D_3 : 4 diodes 1N4001 à 4007,



D_4 : 4 diodes 1N4001 à 4007,
DEL_1 : diode 3 mm verte,
DEL_2, DEL_4 : diode 3 mm rouge,
DEL_3, DEL_5 : diode 3 mm jaune.

Résistances :
R_1 : 470 Ω (jaune, violet, marron),
R_4, R_5, R_6, R_7 : 220 Ω (rouge, rouge, marron),
R_2, R_3, R_8, R_9 : 1,5 kΩ (marron, vert, rouge),
RV_1, RV_2, RV_3, RV_4 : 4,7 kΩ ajustable.

Condensateurs :
C_1 : 2 X 1500 µF 40 volts radial,
C_5, C_9, C_{13}, C_{15} : 1500 µF 40 volts radial,
C_2, C_4, C_6, C_8, C_{10}, C_{12}, C_{14}, C_{16}, C_{18}, C_{20} : 100 nF,
C_3, C_7, C_{11}, C_{17}, C_{20} :2,2 µF 25 volts radial.

Divers :
5 borniers à vis à 3 points,
1 bornier à vis à 2 points,
1 dissipateur pour boîtier TO3 (voir photographie),
1 dissipateur pour les boîtiers TO220 (fabrication dans une plaque de Duralumin de 2 mm d'épaisseur),
4 kits de fixation pour boîtier TO220 (vis, écrou, rondelle, isolant mica et canon isolant),
1 plaque d'époxy présensibilisé simple face 100 x 160 mm.

Les essais et les réglages

Après les vérifications d'usage (soudures, absence de courts-circuits, etc.), on connectera en premier lieu le transformateur TR_1. Là, les réglages sont inexistants et l'on doit obtenir immédiatement la tension de + 5 V. On pourra éventuellement connecter entre + et masse une résistance de 2,2 Ω (10 W) afin de vérifier la bonne régulation de cette tension sous un débit avoisinant les 3 A.

On branchera ensuite le transformateur TR_2 et l'on mesurera les deux tensions de sortie qui ne seront probablement pas de la bonne valeur. Par ajustage de RV_1 et de RV_2, il faudra amener l'amplitude de ces tensions à ± 12 V.

On renouvellera ces opérations pour la troisième alimentation qu'il faudra régler à ± 15 V.

Des essais en charge pourront être effectués, mais les valeurs des résistances seront alors de 12 Ω (10 W) pour l'alimentation ± 12 V, et 15 Ω (10 W) pour la seconde. Des fluctuations de quelques dixièmes de volt se feront probablement ressentir. Cela est normal et sans gravité.

CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	Platine des alimentations des cartes externes	17

3 CARTE D'ENTRÉES-SORTIES 32 LIGNES

Un autre exemple 30
Le schéma de principe 32
La réalisation pratique 36
Le fonctionnement du PPI8255 40

4	Cartes multifonctions	45
5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79
6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171
10	Utilisation des capteurs	187
11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211
	Annexes	223

Malgré le fait que cet ouvrage soit dédié presque exclusivement aux mesures de grandeurs analogiques, nous avons pensé qu'une carte en entrées et sorties tout ou rien (0 ou 1), y trouverait néanmoins sa place. Outre le fait qu'elle peut être utilisée comme interface numérique avec toute sorte de circuits à convertisseurs analogique-digital ou digital-analogique qui pourraient être conçus par nos lecteurs les plus entreprenants, elle pourra également servir à commuter diverses sources de signaux vers une entrée unique. Nous prendrons comme exemple les capteurs de température et de pression que nous décrivons vers la fin de cet ouvrage. Si nous devions mesurer l'augmentation de chaleur en plusieurs endroits d'une machine ou d'un circuit électronique, il est évident que nous ne réaliserions pas autant de cartes à convertisseurs qu'il y aurait de capteurs. Il suffirait d'une seule carte de saisie, puis à l'aide de la platine d'entrées-sorties, nous pourrions alors établir à tour de rôle la commutation de chaque source à l'aide de relais électromécaniques de bonne qualité. Les augmentations de température ne se faisant pas à une vitesse vertigineuse, nous aurions largement le temps de procéder à la lecture de la tension de sortie d'un minimum de six à huit capteurs.

UN AUTRE EXEMPLE

Si nous souhaitions remplacer le clavier de notre ordinateur fonctionnant dans un environnement hostile (industriel ou autre) par un système simple d'entrée de déclenchement de processus ou de saisie d'information, il suffirait d'inclure dans le programme principal, un sous-programme de scrutation et de gestion des différentes lignes d'entrées de notre carte auxquelles seraient connectés des contacteurs. Nous pourrions ainsi disposer, dans le cas du plus simple câblage, de 24 possibilités d'ordres différents. Si cela ne s'avérait pas suffisant, en combinant deux fois huit lignes d'entrées, nous obtiendrions 64 possibilités. Les schémas donnés sur les figures 3.1, 3.2 et 3.3 expliquent et proposent la mise en œuvre possible de tels systèmes. Signalons que ces derniers ne feront pas l'objet de réalisations pratiques puisqu'ils ne sont cités qu'à titre d'exemples d'utilisation de la carte digitale. Ils sont néanmoins d'une telle simplicité qu'ils seront facilement réalisables par toute personne intéressée.

Figure 3.1.

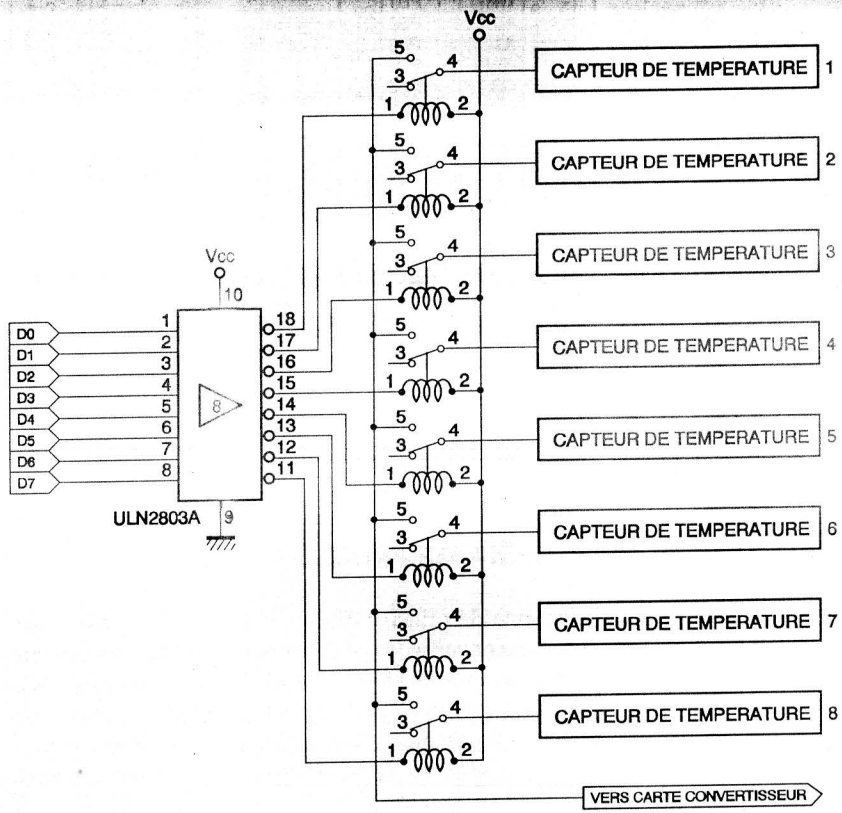
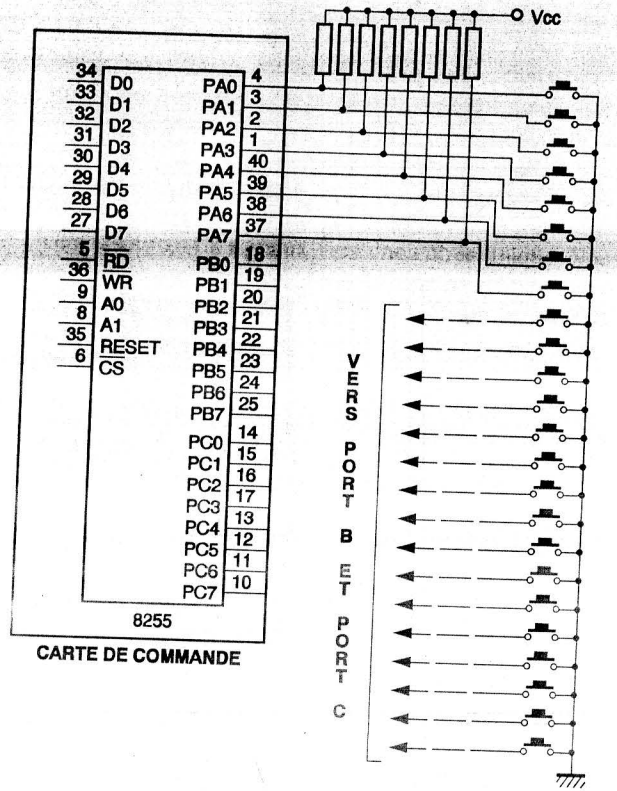


Figure 3.2.



LE SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe est donné en figure 3.4. Nous pouvons y reconnaître immédiatement toute la partie du décodage des adresses et de validation que nous avons vu au chapitre 1. Cette carte est en effet conçue pour être incorporée dans l'ordinateur. Nous retrouvons donc le comparateur CI_1 (74LS688), le bus bidirectionnel des données CI_2 (74LS245), le décodeur-démultiplexeur 3 vers 8 CI_5 (74LS138) et la porte AND CI3A (74LS08) chargée de combiner les signaux de lecture et d'écriture.

Les circuits chargés de communiquer les données vers l'extérieur ou de les recevoir sont le PPI (*Programmable Peripheral Interface*, interface programmable pour périphérique) 8255 (CI_4) et l'octuple bascule 74LS574 (CI_6). Les huit lignes de sortie de cette dernière (Q_1 à Q_8) ne pourront être configurées que dans un sens (vers l'extérieur), alors que le 8255, suivant les ordres qu'il recevra dans son port de

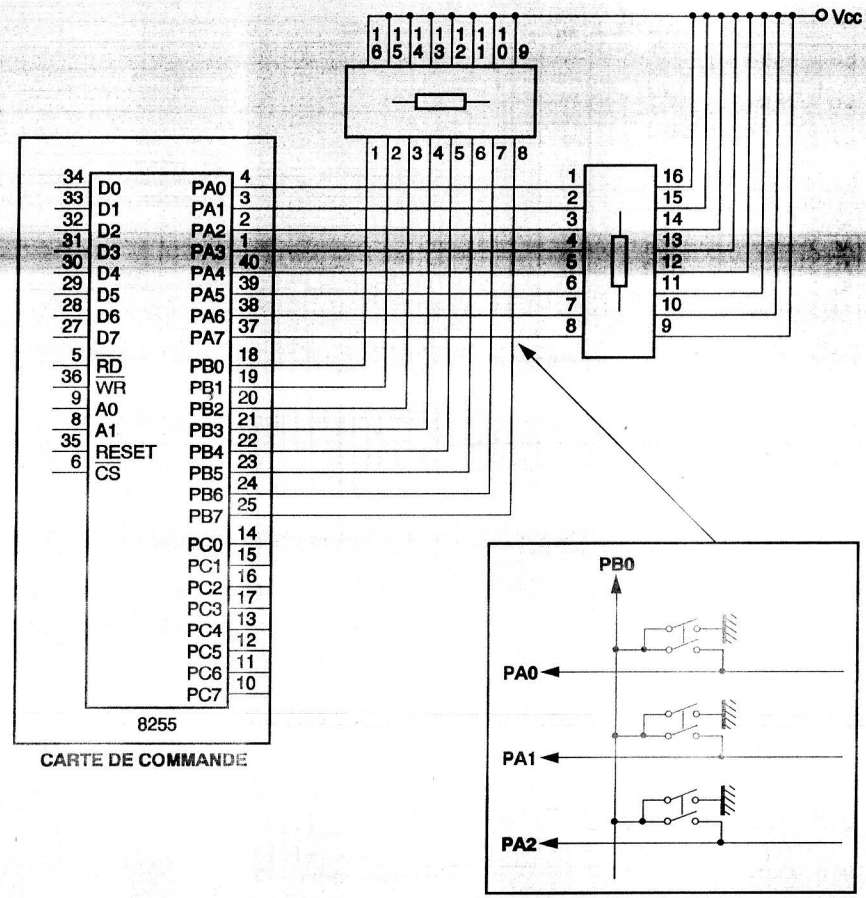
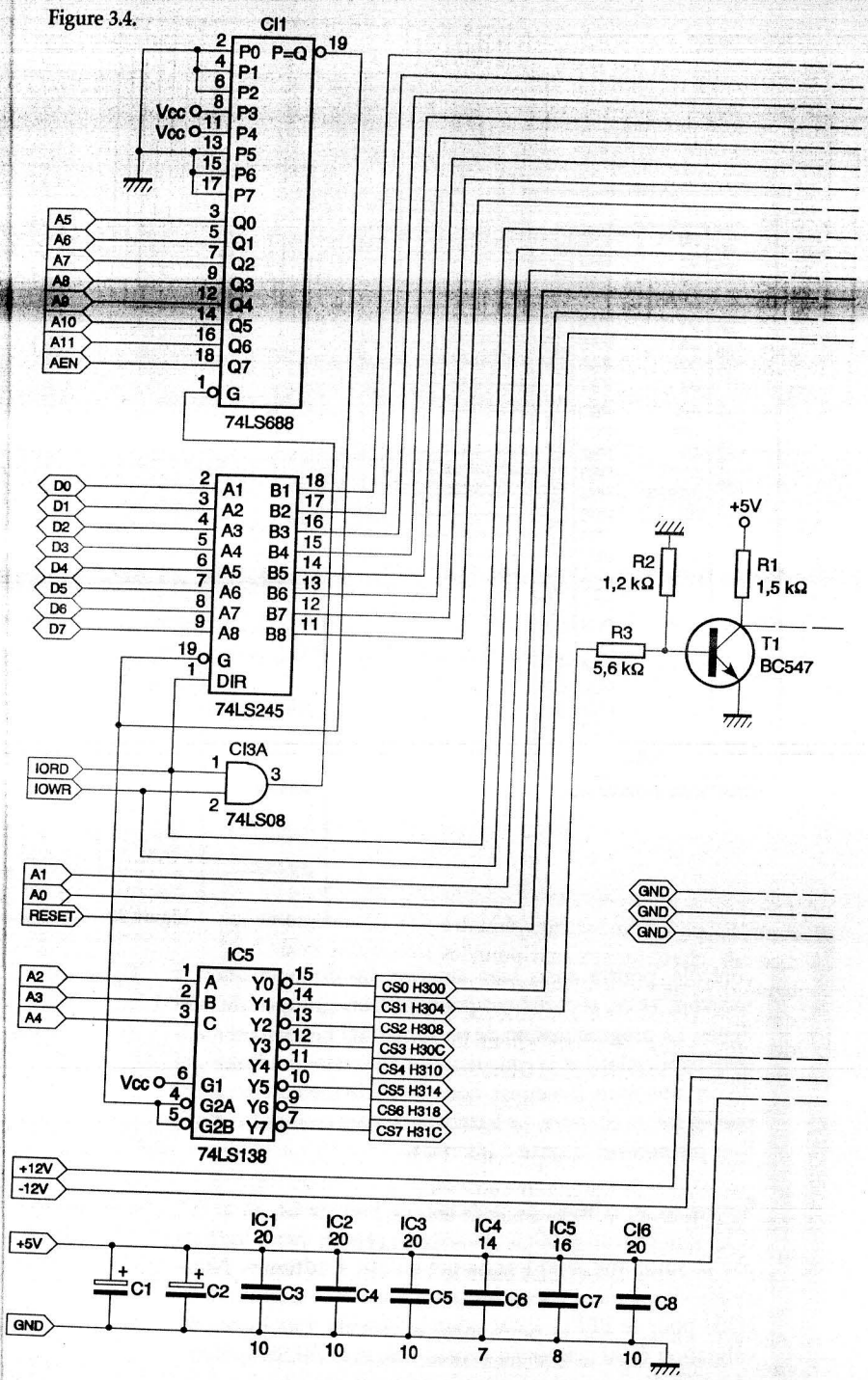


Figure 3.3.

contrôle, pourra aussi bien émettre des données que les recevoir, et ce, séparément pour les trois groupes de huit lignes. La programmation de ce composant nécessitant quelques explications et la connaissance de certaines adresses et de certains mots (binaires), nous lui dédierons un paragraphe en fin de chapitre. Le lecteur sera alors en mesure d'utiliser pleinement la carte d'interface.

Revenons au schéma de principe. La bascule CI_6 et le PPI (CI_4) sont chacun situés à une adresse précise. Nous verrons par la suite que le PPI nécessite en fait 4 adresses. Nous avons simplement choisi les deux premières disponibles : H300 pour le PPI et H304 pour la bascule. Ces lignes de validation étant actives au niveau bas, et le 74LS574 nécessitant un flanc montant pour la prise en compte des données, le signal est préalablement inversé par le transistor T_1.

Figure 3.4.



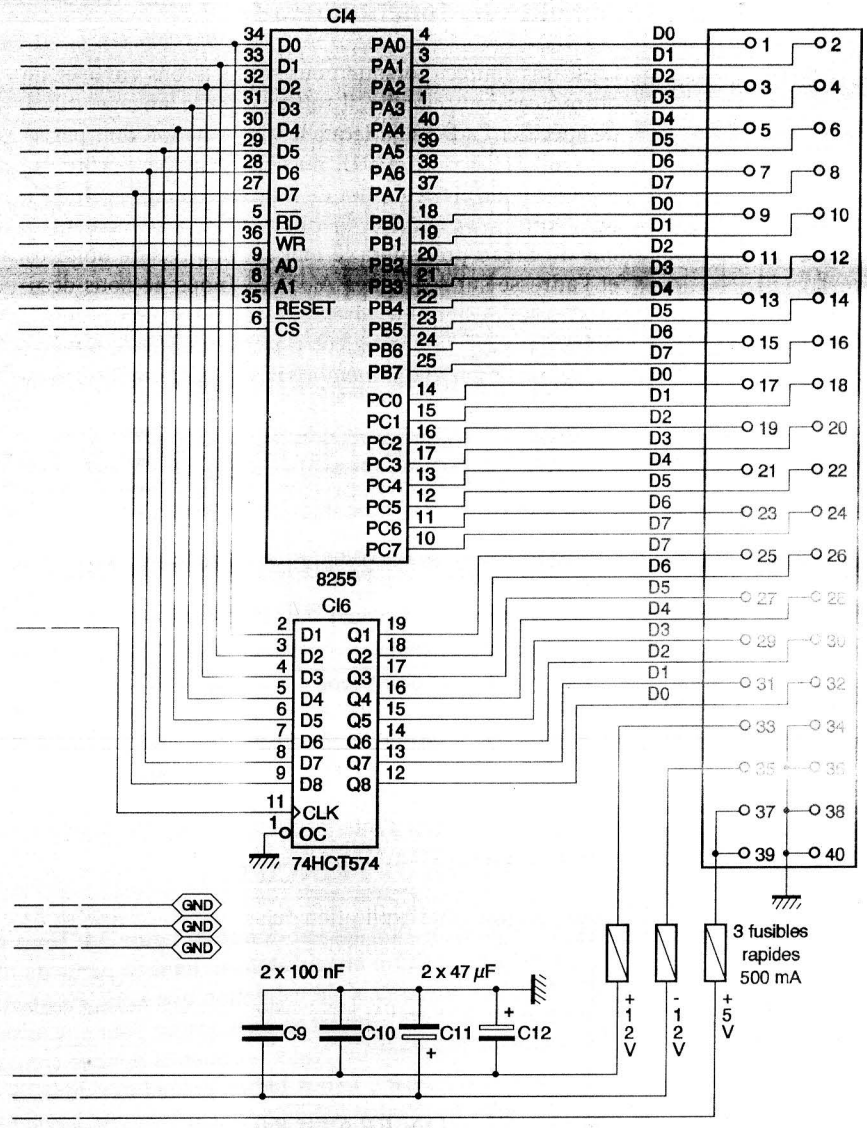


Figure 3.4.

Comment cela fonctionnera-t-il ?

C'est très simple. Lorsque nous souhaiterons envoyer un ordre à ces deux circuits, il suffira, dans le langage utilisé, de spécifier l'adresse à laquelle l'information doit parvenir (soit H300, soit H304), puis de formuler l'ordre qui prendra la forme d'un mot de huit bits (compris, en décimal, entre la valeur 0 et la valeur 255). A ce moment, le bus du micro présentera le mot sur son bus de données, et l'adresse sur ses lignes A_0 à A_{11} (nous ne nous occupons pas des lignes d'adresse restantes), et le circuit CI_5 présentera sur sa broche correspondante un niveau bas. Ce signal permettra la mémorisation par le circuit correspondant (CI_4 ou CI_6), du mot binaire présent sur le bus de données (D_0 à D_7). Cette donnée restera "dans la mémoire" du composant jusqu'à ce qu'un autre mot lui soit envoyé.

Toutes les lignes de ces composants sont disponibles sur un connecteur HE10 à 40 broches. Nous avons également prévu l'arrivée, sur deux des broches restantes, des tensions ± 12 V de l'ordinateur, et sur deux autres l'arrivée du + 5 V. Ces trois lignes sont disponibles par l'intermédiaire de fusibles de 500 mA de type rapide qui protégeront l'alimentation en cas de court-circuit. Sur les quatre dernières broches est connectées la masse. La présence de ces diverses tensions permettra l'alimentation des platines qui seront connectées à la carte d'interface, en ne dépassant pas toutefois un débit de 500 mA.

Pour conclure cette explication du schéma électrique, signalons la présence inévitable des condensateurs de 100 nF qui assurent le découplage de chaque circuit intégré, et des deux capacités de 22 µF. Les tensions de ± 12 V sont également filtrées avant leur sortie de la carte.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Les dessins du circuit imprimé double face sont donnés en figure 3.5 pour les pistes côté composants, et en figure 3.6 pour les pistes côté soudures. La réalisation du circuit réclamera un minimum de soins, les pistes étant relativement fines et proches l'une de l'autre. Les typons devront être d'une qualité irréprochable, ce qui sera le cas s'ils sont réalisés sur une imprimante laser.

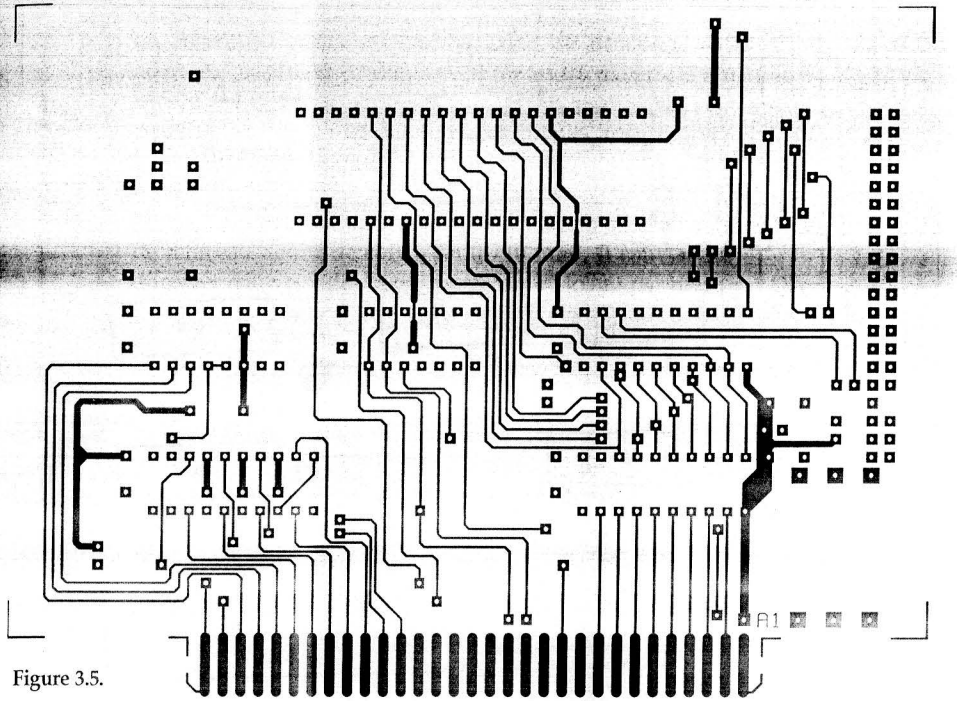


Figure 3.5.

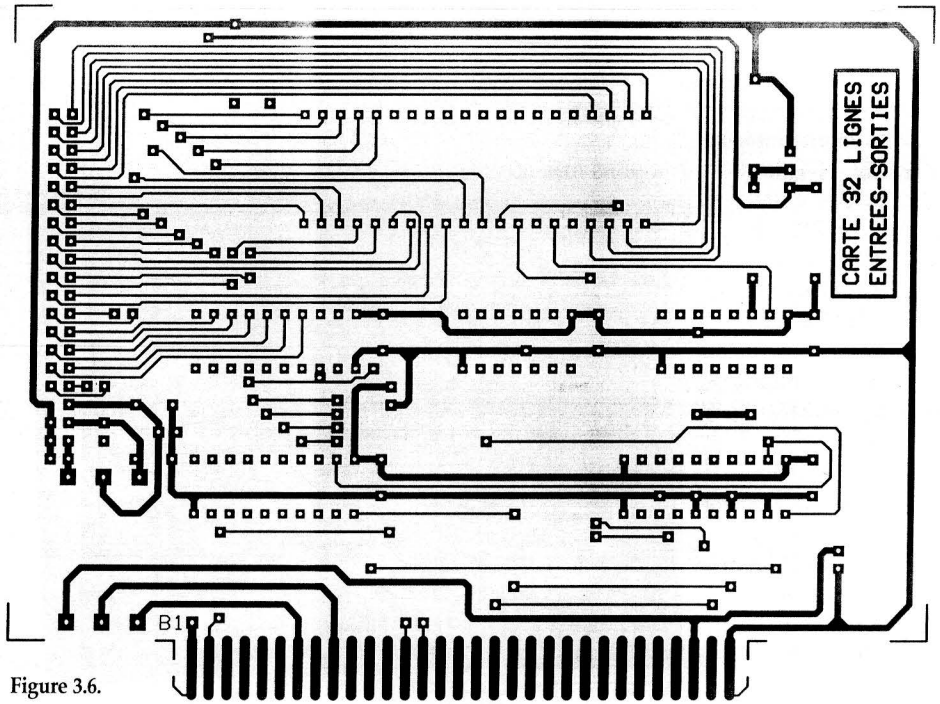


Figure 3.6.

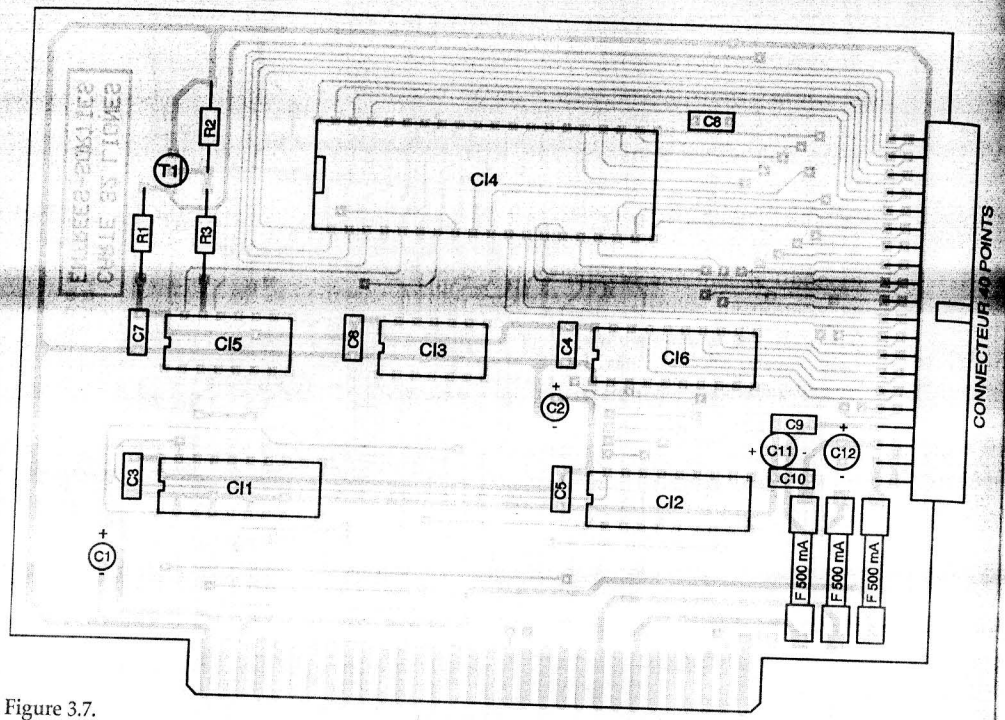


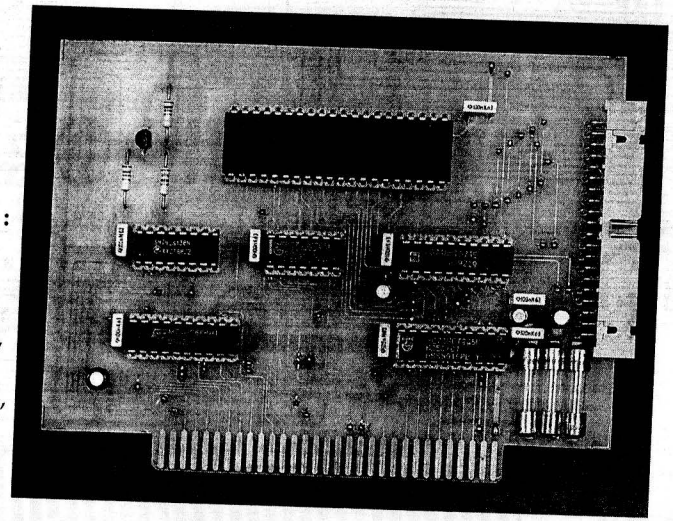
Figure 3.7.

Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 : 74LS688,
CI_2 : 74LS245,
CI_3 : 74LS08,
CI_4 : 8255,
CI_5 : 74LS138,
CI_6 : 74LS574.

Semi-conducteurs :
T_1 : BC547.

Résistances :
R_1 : 15 kΩ (marron, vert, orange),
R_2 : 1,2 kΩ (marron, rouge, rouge),
R_3 : 5,6 kΩ (vert, bleu, rouge).



Le dessin de l'implantation des composants est représenté en figure 3.7. Comme pour la carte de décodage des adresses, on placera préalablement toutes les traversées qui relient les pistes supérieures aux pistes inférieures. On pourra alors souder les supports des circuits intégrés, puis le reste des composants.

Les fusibles seront soudés directement sur la platine à l'aide de morceau de fils de cuivre fin (8/10 mm). Il conviendra d'insérer entre eux des petits morceaux d'isolant par mesure de sécurité, bien qu'ils ne puissent pas entrer en contact l'un avec l'autre s'ils ont été correctement positionnés sur le circuit imprimé.

Le connecteur HE10 à 40 broches devra être un modèle simple, c'est à dire ne possédant pas de griffes bloquant le connecteur femelle qu'on y insère. Faute de quoi, la carte n'entrera qu'avec difficultés dans le slot de l'ordinateur.

On procédera ensuite très minutieusement au contrôle des soudures puis à la vérification de l'absence de tout court-circuit, surtout au niveau des lignes d'alimentation. Cela achevé, nous pourrons alors passer aux essais et aux tests de la carte.

Condensateurs :
C_1, C_2 : 22 µF 16 V,
C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10} : 100 nF,
C_{11}, C_{12} : 47 µF 16 V.

Divers :
3 supports pour circuit intégré 20 broches (tulipe),
1 support pour circuit intégré 16 broches (tulipe),
1 support pour circuit intégré 14 broches (tulipe),
1 support pour circuit intégré 40 broches (tulipe),
1 connecteur pour circuit imprimé coudé à 90° HE10 40 points,
3 fusibles rapides 500 mA,
1 plaque d'époxy présensibilisé double face aux dimensions requises.

Les essais

La carte sera enfichée dans un slot du PC et ce dernier sera mis sous tension. Le programme suivant sera entré :

```
REM ESSAI CARTE 32 ENTREES-SORTIES EN SORTIES
OUT &H303,128 : REM programmation des ports A, B et C en sorties
OUT &H300,0 : REM toutes les sorties du port A à 0
OUT &H301,0 : REM toutes les sorties du port B à 0
OUT &H302,0 : REM toutes les sorties du port C à 0
OUT &H304,0 : REM toutes les sorties de la bascule à 0
SLEEP
OUT &H300,255 : REM toutes les sorties du port A à 1
OUT &H301,255 : REM toutes les sorties du port B à 1
OUT &H302,255 : REM toutes les sorties du port C à 1
OUT &H304,255 : REM toutes les sorties de la bascule à 1
END
```

A l'aide d'une sonde logique ou d'un multimètre, toutes les lignes de sorties seront vérifiées. Elles devront toutes présenter un niveau logique bas. Lorsqu'il rencontre l'instruc-

tion SLEEP, le programme se met en attente de l'appui d'une touche. Lorsque la première vérification sera achevée, on fera se dérouler le programme, puis on vérifiera à nouveau les lignes qui devront alors se trouver au niveau haut.

Les essais se poursuivront par le programme suivant qui permet de tester les lignes du PPI8255 en entrées.

```
REM ESSAI CARTE 32 ENTREES-SORTIES EN ENTREES
OUT &H303, 155 : REM programmation des ports A, B et C en entrées
DO
A=INP(&H300) : REM entrée des données en provenance du port A
PRINT A
SLEEP 1
B=INP(&H301) : REM entrée des données en provenance du port B
PRINT B
SLEEP 1
C=INP(&H302) : REM entrée des données en provenance du port C
PRINT C
SLEEP 1
LOOP
REM "CTRL + PAUSE" pour sortir de la boucle
```

LE FONCTIONNEMENT DU PPI8255

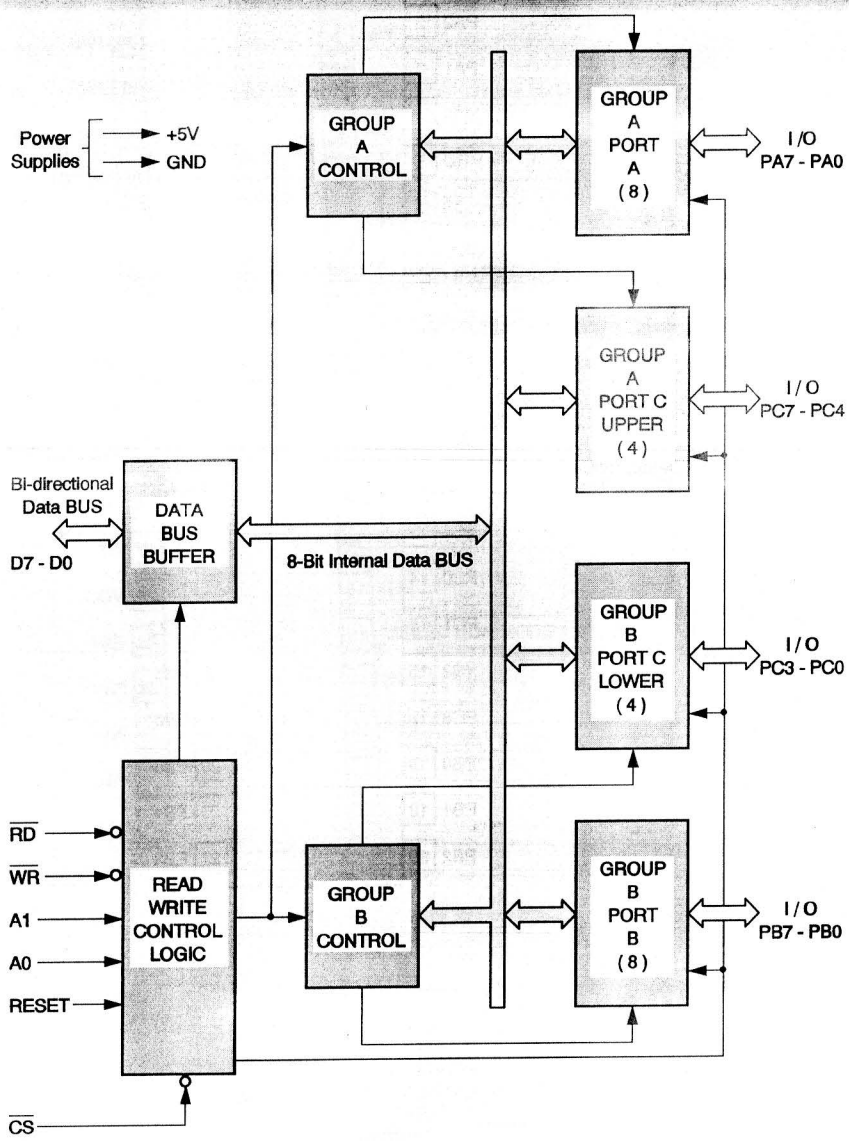
Le schéma interne du 8255 est donné en figure 3.8. Comme nous l'avons dit plus haut, la programmation de ce circuit ne nécessite pas 1 adresse mais 4 adresses. En effet, afin de configurer les différents ports soit en entrées, soit en sorties, un mot de 8 bits doit être envoyé au port de contrôle. Le dessin de la figure 3.9 illustre la fonction de chaque bit de ce mot de contrôle suivant que son état logique soit à 0 ou à 1. Les adresses des différents ports se situent donc :

1. port de contrôle : adresse de base + 3
2. port A : adresse de base
3. port B : adresse de base + 1
4. port C : adresse de base + 2

Dans notre cas, l'adresse de base se situe en H300 (le H situé devant le nombre signifie que celui-ci est donné en hexadécimal). Signalons que le port C peut être configuré en deux ports de 4 bits chacun.

Pour conclure, nous donnons en figure 3.10 toutes les combinaisons possibles de programmation des ports comportant le mot binaire qui correspond à chaque configuration afin de faciliter la programmation du PPI8255.

Figure 3.8.



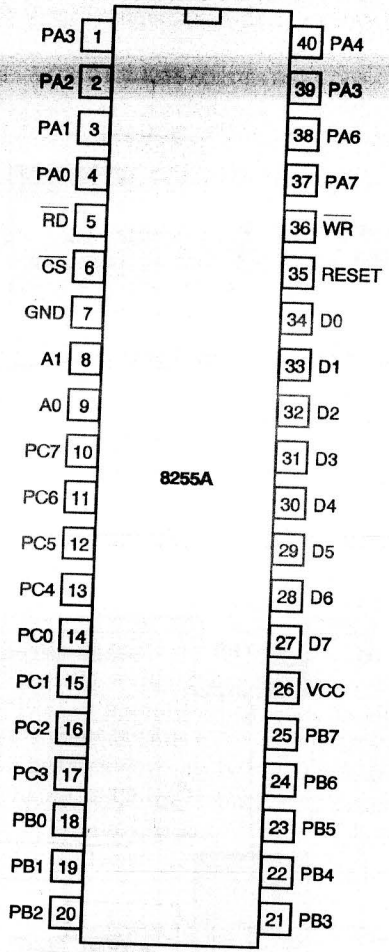


Figure 3.8.

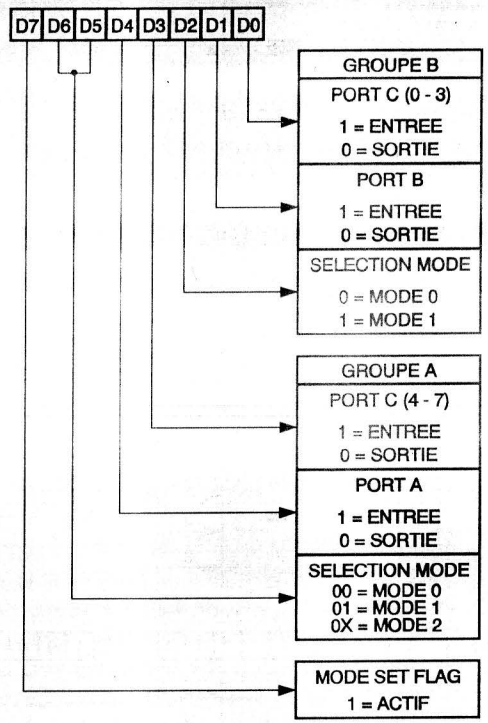


Figure 3.9.

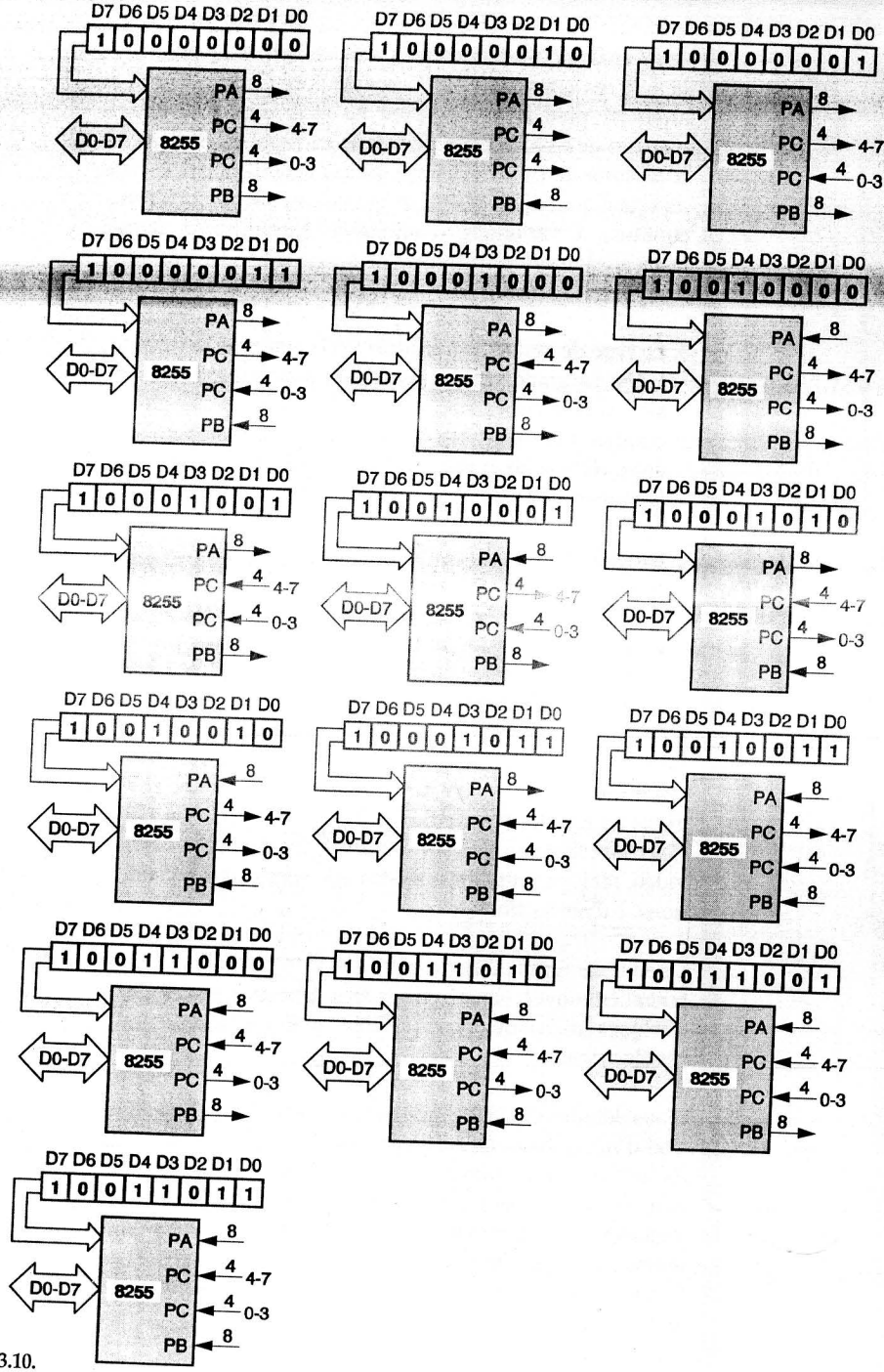


Figure 3.10.

CHAPITRE		PAGE
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29

4 CARTES MULTIFONCTIONS

A - La carte de base 46
Introduction 46
La carte de base 50
Le schéma de principe 50
La réalisation pratique 51
B - La carte des alimentations 55
Le schéma de principe 55
La réalisation pratique 56
C - La carte à convertisseur numérique-analogique : DAC0808 60
Le schéma de principe de la carte ADC0808 62
La réalisation pratique 66
D - La carte à convertisseur analogique-numérique : AD7581 69
Le schéma de principe 71
La réalisation pratique 74

5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79
6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171

A - La carte de base

INTRODUCTION

Les informations provenant de l'extérieur, toujours disponibles sous forme de tensions d'amplitudes variées positives ou négatives (lorsqu'elles sont issues de circuits analogiques), ne peuvent être prises en compte telles quelles par le microprocesseur, qui, comme chacun sait, ne sait lire que deux états : l' absence de tension (0 V, état 0) ou la présence de tension (5 V, état 1), ce qui correspond bien évidemment à des données numériques. Il est donc absolument nécessaire, lorsque l'on désire confier à l'ordinateur la mesure de données analogiques, de procéder à la transformation de ces dernières en des données assimilables par le système.

De même, il peut être nécessaire pour certains systèmes, de recevoir des données sous forme de grandeurs analogiques en provenance d'un microprocesseur. Le problème est alors le même et la conversion des signaux est également nécessaire.

Pour se faire, des circuits intégrés spécialisés ont été conçus qui rendent ce traitement du signal très facile à exécuter. Ce sont les convertisseurs analogiques-numériques et numériques-analogiques (CAN et CNA). Il en existe un très grand nombre et tous se distinguent par des caractéristiques différentes, dont les principales sont au nombre de trois :

1. La précision qui correspond au nombre de bits d'entrée ou de sortie ; les convertisseurs les plus courants et les moins onéreux sont de type 8 bits. Ce sont également ceux qui présentent la moins haute résolution ; en effet, à supposer la conversion d'une tension d'amplitude pouvant varier entre 0 V et 5 V : chaque bit correspondra à une tension de 5/255 = 19,6 mV alors qu'en utilisant un convertisseur 10 bits, la résolution passe à 5/1024 = 4,882 mV, et enfin à 1,220 mV pour un convertisseur 12 bits. Le choix du convertisseur sera alors déterminé par la précision avec laquelle le signal à mesurer devra être traitée.

2. La rapidité de l'opération de conversion ; si elle est pratiquement toujours très élevée pour un convertisseur numérique-analogique (aux environs de 100 ns), elle peut varier dans de grandes proportions pour les convertisseurs analogiques-numériques, suivant le type de produit et le système employé pour la conversion. Cette durée peut atteindre plus de 100 µs pour les plus lents et quelques dizaines de nanoseconde pour les plus rapides. Le choix de la rapidité du convertisseur à utiliser sera dicté par le type de signal qu'il devra traiter, et qui pourra aller de la tension continue à variations d'amplitude extrêmement lentes, jusqu'au signal dont la fréquence pourra atteindre plusieurs dizaines de kilohertz, voire plusieurs centaines.

3. Le type de conversion utilisée ; cela concerne surtout les CAN. La grande majorité adopte un système de conversion appelé conversion à approximations successives. Il consiste à effectuer un certain nombre de comparaisons entre chaque bit et une tension de référence bien précise, la plupart du temps générée à l'extérieur du circuit. C'est cette succession de comparaisons qui augmente ainsi le temps nécessaire à la conversion et qui rendent les CAN relativement lents.

Il existe cependant un autre moyen employé par certains circuits : la conversion flash. Là, la rapidité est exceptionnelle puisqu'elle peut atteindre des vitesses de 40 ns par échantillon et même moins. Le système utilisé est celui de la mise en série de 256 comparateurs qui effectuent en une seule fois la conversion de l'échantillon du signal analogique en un mot binaire de 8, 10 ou 12 bits (parfois plus). Ces convertisseurs sont surtout employés dans les systèmes vidéo, mais peuvent l'être également, sous certaines conditions, à d'autres fins.

Ce sont ces types de circuits intégrés que nous allons maintenant employer. Nous verrons ainsi leur mise en œuvre et quelques utilisations possibles dans le domaine des mesures électriques.

Nous débuterons cette étude par la conception et la réalisation d'un système de saisie de données qui sera constitué de huit entrées de mesure de tensions continues et de deux sorties. Le tout sera connecté à l'ordinateur PC qui, par logiciel interposé, traitera ces informations. Nous nous limiterons à l'emploi de convertisseurs huit bits. Cette réalisation nécessitera la construction de quatre cartes ainsi que la carte alimentation, qui sera facultative comme nous l'avons vu au chapitre 2.

Figure 4.1.

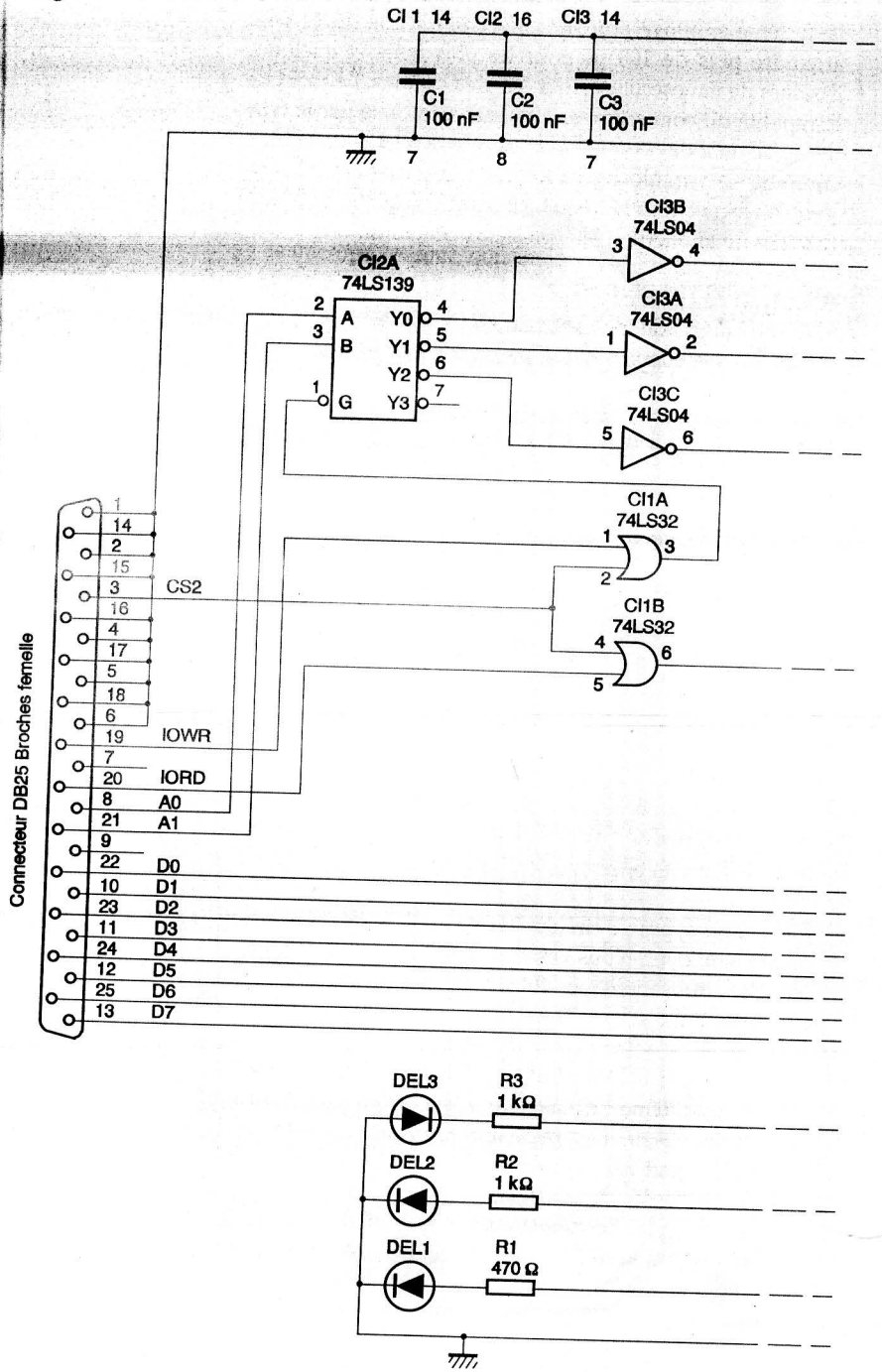
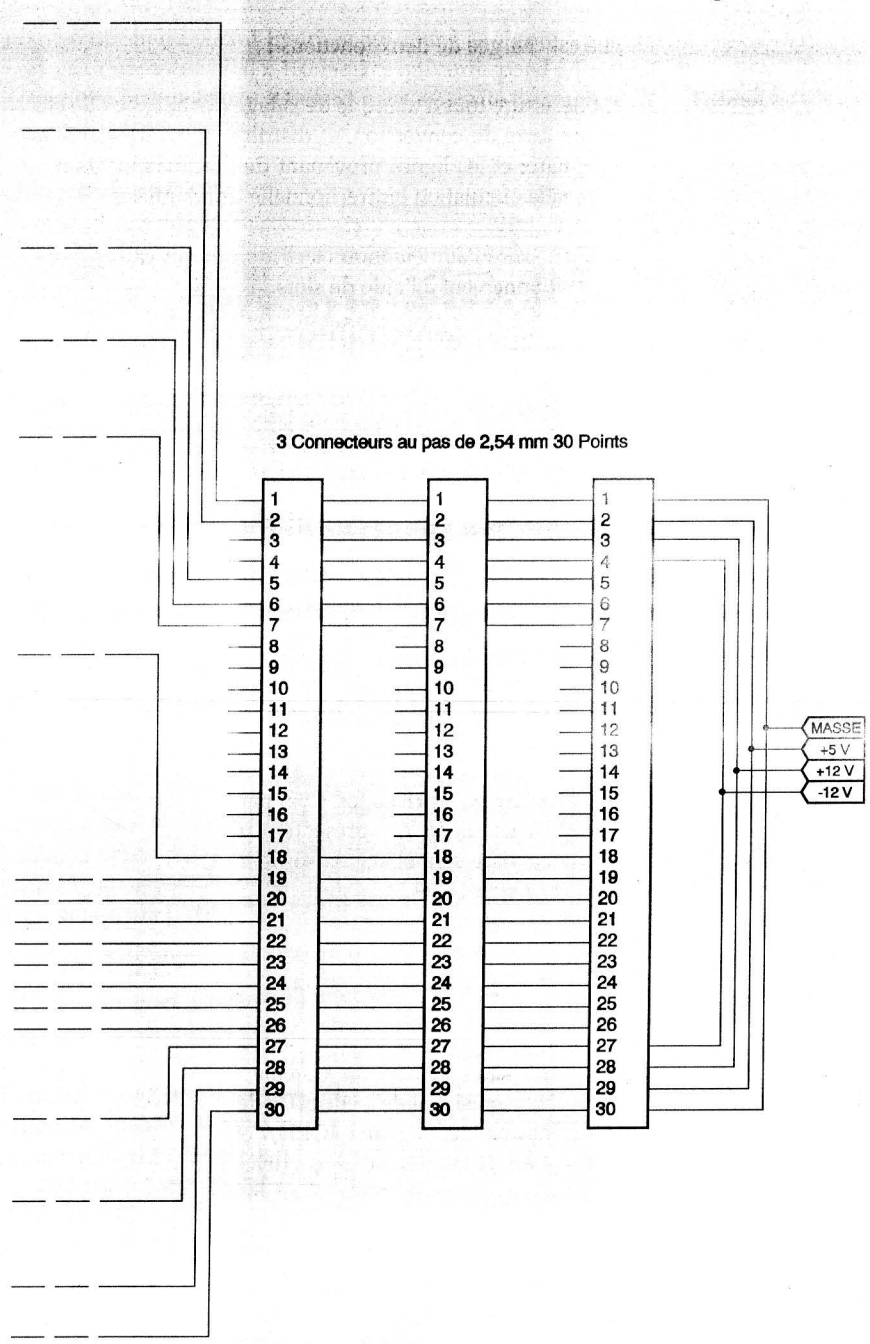


Figure 4.1.



LA CARTE DE BASE

Elle est chargée de deux fonctions :

1. Elle assure tout d'abord le décodage des adresses de chaque carte de conversion, et distribue à ces dernières les signaux et les lignes provenant de l'ordinateur assurant ainsi la circulation bidirectionnelle des données.

2. Elle assure l'alimentation électrique de ces cartes et leur positionnement à l'aide de slots.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE

Il est donné en figure 4.1. La carte de base est reliée à la carte de décodage des adresses du chapitre 1 par l'intermédiaire d'un connecteur DB25 broches et d'un câble. L'adresse de base a été fixée à H308, H300 et H304 étant occupées par la carte 32 entrées-sorties.

Les deux lignes A_0 et A_1, disponibles sur le connecteur, parviennent aux deux entrées d'un décodeur-démultiplexeur 2 vers 4, un 74LS139 (CI_2A). Ce circuit ne pourra être validé que lorsqu'un ordre sera envoyé en écriture à l'adresse H308. En effet, le signal de validation provenant de la porte OU CI_1A (74LS32), et qui résulte de la combinaison des signaux IOWR/ et H308 (ou CS2) parvient à l'entrée G/ du 74LS139. La sortie Y_0/ présentera un niveau bas lorsque l'adresse visée sera H308 ; la sortie Y_1/ sera active lorsque l'adresse sera H309 et la sortie Y_3/ le sera à l'envoi d'un ordre en H30A. Ces signaux négatifs seront ensuite inversés par trois des six portes du circuit CI_3, un 74LS04 (CI_3A, CI_3B et CI_3C), les cartes suivantes nécessitant un signal positif.

Pour le fonctionnement du système, nous n'aurons l'utilité que d'un seul signal de lecture. Ce dernier est obtenu par la combinaison des signaux IORD/ et CS_2. Chaque circuit intégré est découplé par un condensateur de 100 nF. Trois DEL (DEL_1, DEL_2 et DEL_3) dont le courant est limité par trois résistances (R_1, R_2 et R_3), signalent la présence, sur la carte de base des trois tensions nécessaires au fonctionnement des cartes à convertisseur : + 5 V, + 12 V et – 12 V.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 4.2. Il est aux dimensions 100 x 160 mm, ce qui correspond à l'emploi d'une plaque époxy standard, sans nécessité de coupes.

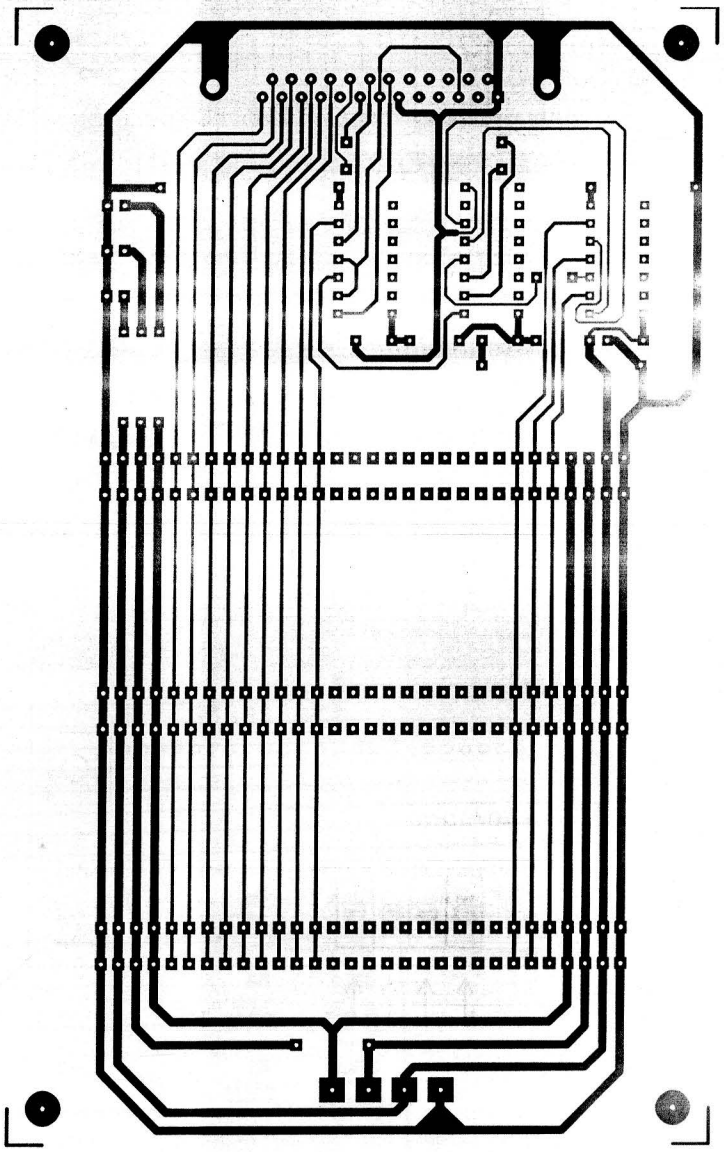
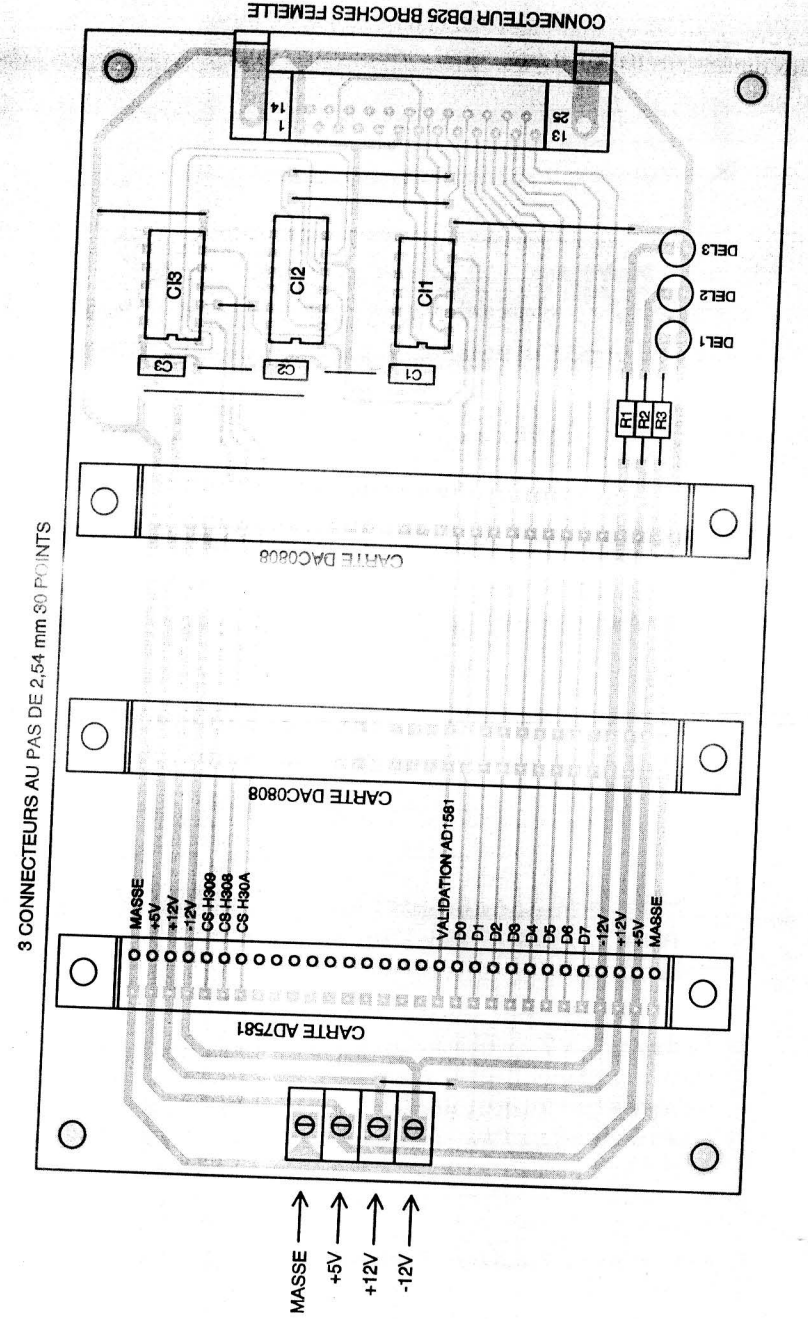


Figure 4.2.

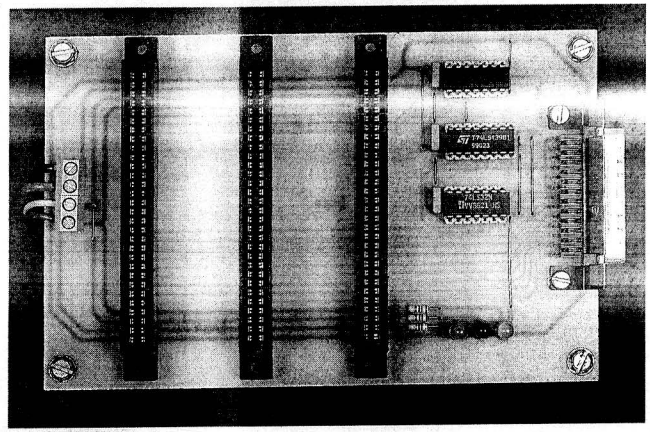
Figure 4.3.



On utilisera le dessin d'implantation représenté en figure 4.3 afin de mener à bien le câblage. Les trois connecteurs employés seront de type 30 points au pas standard de 2,54 mm. Dix des contacts ne seront pas employés et seront laissés non connectés.

Le connecteur DB25 broches sera de type femelle pour circuit imprimé. Les tensions d'alimentations et la masse seront distribuées sur la carte à l'aide de borniers à vis. Aux quatre coins de la carte sera pratiqué un trou qui permettra la fixation d'entretoises.

Il sera préférable d'utiliser des supports pour les trois circuits intégrés, ce qui facilitera leur échange en cas de détérioration de l'un d'entre eux.



Les essais de la carte

Ceux d'entre nos lecteurs qui auront réalisé la carte des alimentations décrite auparavant, pourront procéder immédiatement à ces essais. Pour les autres, il faudra d'abord qu'ils réalisent l'alimentation dédiée à ce système et dont la description est faite dans la partie B de ce chapitre.

Avant d'alimenter le montage, il conviendra de la relier à la carte de décodage des adresses incorporée dans l'ordinateur, à l'aide du cordon que l'on aura fabriqué. On vérifiera alors la présence des trois tensions sur la carte, en testant les points correspondants sur les trois slots.

Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 : 74LS32,
CI_2 : 74LS139,
CI_3 : 74LS04.
Semi-conducteurs :
DEL_1, DEL_2, DEL_3 : 3 diodes électroluminescentes de couleurs différentes.
Résistances :
R_1 : 470 Ω (jaune, violet, marron),
R_2, R_3 : 1 kΩ (marron, noir,

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3 : 100 nF.
Divers :
1 support pour circuit intégré 16 broches,
2 supports pour circuit intégré 14 broches,
1 connecteur DB25 broches femelle pour circuit imprimé,
3 slots à 30 points au pas de 2,54 mm pour circuit imprimé (type double face : contacts sur les deux côtés),
2 borniers à vis à 2 points,
1 plaque d'époxy présensibilisé 100 x 160 mm.

On saisira ensuite le petit programme ci-dessous :

```
REM test de la carte de base du système de saisie analogique
DO
OUT &H308,0 : REM envoi à l'adresse de base (écriture)
SLEEP 2
OUT &H309,0 : REM envoi à l'adresse de base+1 (écriture)
SLEEP 2
OUT &H30A,0 : REM envoi à l'adresse de base+2 (écriture)
SLEEP 2
A=INP(&H308) : REM lecture à l'adresse de base
PRINT A
LOOP : REM "CTRL+PAUSE" pour sortir
```

On lancera l'exécution, et l'on vérifiera à l'aide d'une sonde logique la présence des impulsions positives aux emplacements adéquats des slots. En mettant l'une ou plusieurs des lignes de données D_0 à D_7 à la masse à l'aide de résistances de 2,2 kΩ, le résultat inscrit à l'écran devra varier suivant la ou les lignes mises au niveau bas.

Si l'on obtient les résultats annoncés, la carte fonctionne parfaitement, et l'on peut alors passer à la réalisation suivante.

B - La carte des alimentations

LE SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe est donné en figure 4.4. Il est d'une grande simplicité puisque ne faisant appel qu'à deux transformateurs et trois régulateurs de tension intégrés.

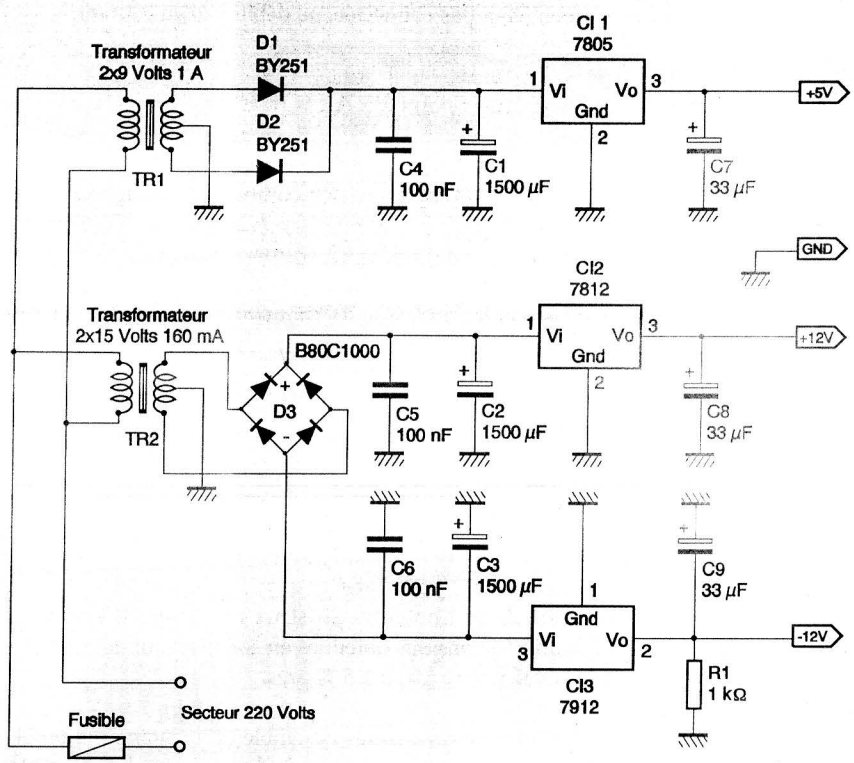


figure 4.4.

La tension + 5 V. Le transformateur TR_1 fournit deux tensions secondaires de 9 V alternatives. Les tensions sont redressées par les deux diodes D_1 et D_2, BY251, le point milieu du transformateur faisant office de masse. La tension redressée est ensuite filtrée par le condensateur de 1500 µF et celui de 100 nF. Cette tension continue alimente alors l'entrée du régulateur 7805, et la tension + 5 V est disponible en sortie et filtrée une dernière fois par le condensateur de 33 µF. Le régulateur LM7805 est capable de débiter un courant de 1A, ce qui sera largement suffisant pour l'alimentation des circuits situés en aval.

Les tensions ± 12 V. C'est le transformateur TR_2, de 2 x 15 V qui permet l'obtention de ces tensions. Les tensions alternatives, cette fois redressées par un pont intégrant quatre diodes de redressement fournissent les alimentations des deux régulateurs 7812 (positif) et 7912 (négatif), après avoir été filtrées par les condensateurs de 1 500 µF et 100 nF. Les tensions continues de + 12 V et – 12 V sont filtrées en sorties des régulateurs par des capacités de 33 µF. La résistance R_1 de 1 kΩ fournit une charge au LM7912 lorsque la carte, n'étant pas connectée, ne débite aucun courant.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 4.5. Le dessin de l'implantation des composants est quant à lui, représenté en figure 4.6. Les deux transformateurs seront de type pour circuit imprimé. Les trois régulateurs seront obligatoirement fixés sur des dissipateurs. Des borniers à vis permettent la connexion de l'alimentation au secteur et à la carte de base. Le fusible câblé en série avec l'un des fils du secteur est disposé sur la carte à l'aide d'un support.

Lorsque le câblage sera achevé, on pratiquera un trou dans chaque coin de la platine, et aux mêmes emplacements que sur la carte de base. Cette dernière sera ainsi fixée, à l'aide d'entretoises de dimensions suffisantes, au dessus de la carte alimentation, ce qui rendra l'ensemble plus compact.

Les essais se limiteront au strict minimum. Il suffira de mesurer les tensions obtenues en sortie, et qui devront être de la valeur prévue, à ± 5 % près.

On fixera les deux cartes ensemble (alimentation et base) , et l'on reliera les borniers à vis disposés sur les deux platines à l'aide de fils de câblage de couleurs différentes.

Nous disposons maintenant du système de base nécessaire à l'implantation des cartes à convertisseur dont nous allons maintenant détailler la réalisation.

Figure 4.5.

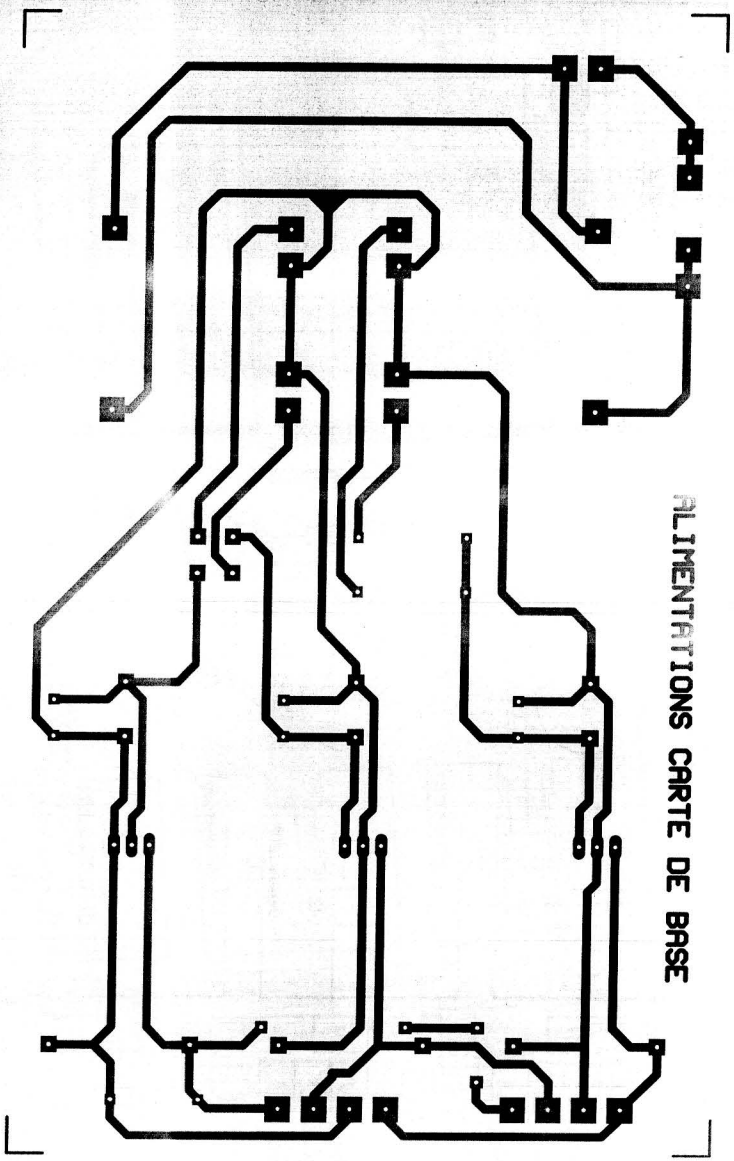
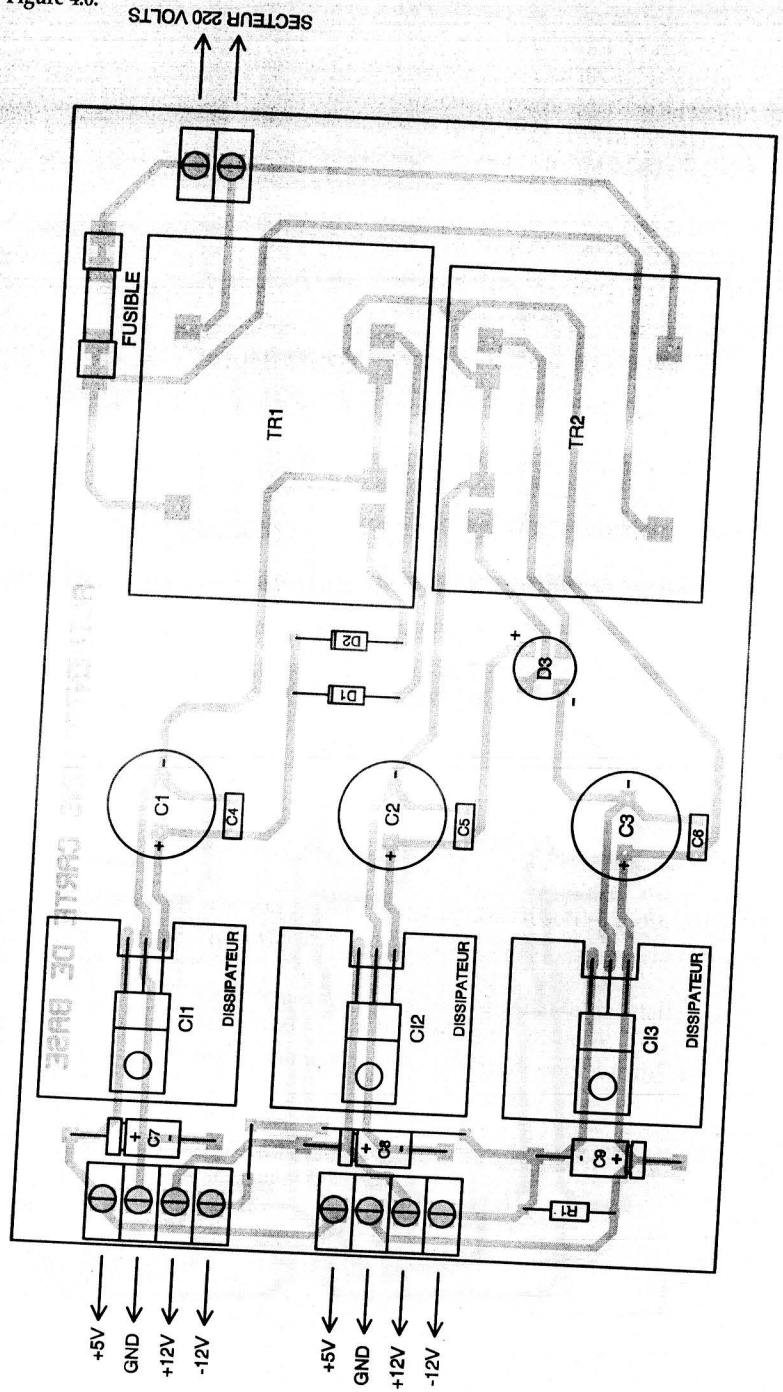
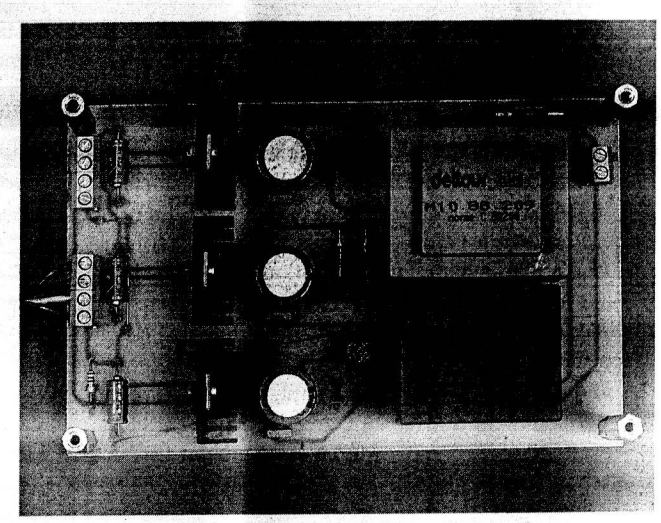


Figure 4.6.





Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 : LM7805,
CI_2 : LM7812,
CI_3 : LM7912.

Semi-conducteurs :
D_1, D_2 : BY251,
D_3 : pont de redressement B80C1000,

Résistances :
R_1 : 1 kΩ (marron, noir, rouge).

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3 : 1500 µF 40 V,
C_4, C_5, C_6 : 100 nF,
C_7, C_8, C_9 : 33 µF 25 V ou plus.

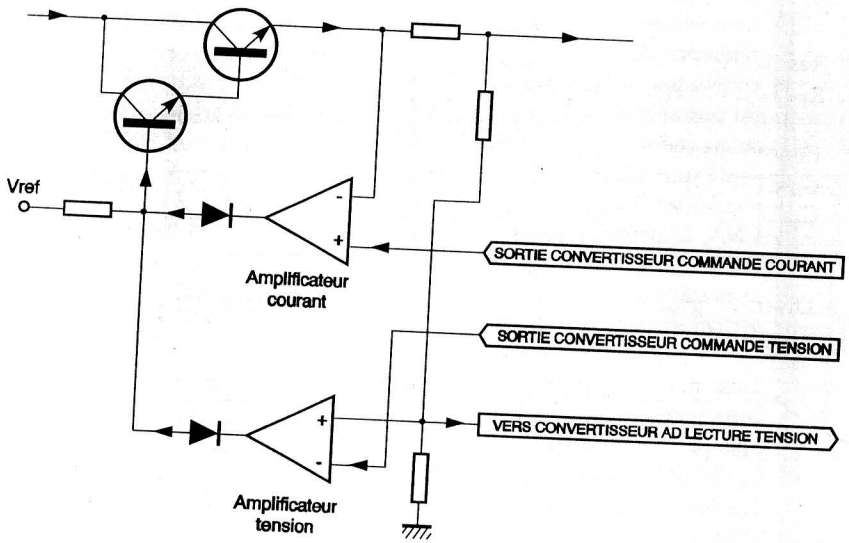
Divers :
TR_1 : transformateur 2 x 9 V 1 A,
TR_2 : transformateur 2 x15 V 160 mA,
1 porte fusible,
1 fusible rapide 500 mA,
5 borniers à vis à 2 points,
3 dissipateurs thermiques pour boîtier TO220,
4 entretoises avec vis, écrous et rondelles de longueur adéquate.

C - La carte à convertisseur numérique-analogique : DAC0808

La carte que nous allons maintenant décrire permettra la génération d'une tension soit simple (0 V à + 10 V), soit bipolaire (– 5 V à + 5 V), par la conversion d'un octet qui lui sera envoyé à l'aide des cartes que nous avons réalisées jusqu'à maintenant. Les applications possibles de ce circuit sont nombreuses et nous verrons, dans les chapitres 5 et 6, deux d'entre elles qui concernent le domaine des mesures en électronique. Ces applications ne se limitent pas à la mesure et nous allons maintenant, pour information, expliquer comment utiliser un convertisseur DA afin de piloter un circuit électronique externe et un moteur utilisé dans un système robotique.

Le schéma dessiné en figure 4.7 représente l'interfaçage de notre circuit avec une alimentation stabilisée réglable. La mise en œuvre nécessite deux circuits de conversion mais reste très simple. Dans ce cas, la sortie d'un des deux convertisseurs remplace le potentiomètre de réglage de la tension de sortie de l'alimentation, et l'autre se substitue à celui utilisé pour le réglage de l'intensité débitée. La tension de sortie est alors prélevée afin d'être lue par un convertisseur AD (circuit que nous verrons dans ce même chapitre).

Figure 4.7.



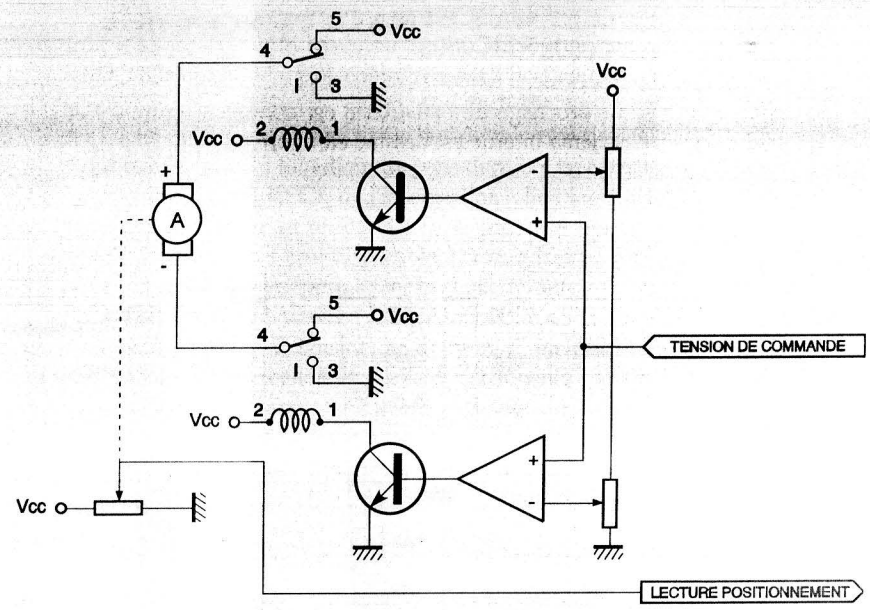


Figure 4.8.

Le second exemple est donné en figure 4.8. La tension de commande issue de la carte convertisseur est appliquée sur les deux entrées d'un comparateur à fenêtre (entrées non inverseuses). Les potentiomètres insérés dans les entrées inverseuses permettent le réglage de la largeur de la fenêtre. Ce réglage permettra un arrêt franc du moteur lorsque la tension de consigne sera atteinte. Cette dernière est issue d'un potentiomètre dont le curseur est solidaire de l'axe du moteur, et est lue par un convertisseur AD. Ainsi, nous envoyons un octet au CNA (numérique-analogique) qui le transforme en une tension. Cette dernière appliquée sur l'entrée du comparateur, le déséquilibre et l'une des sorties commute le relais correspondant. Le moteur alimenté tourne, entraînant avec lui le curseur du potentiomètre de suivi. Cette tension est lue par le CAN (analogique-numérique), et lorsque la position souhaitée est atteinte, un octet correspondant à la valeur 0 est envoyé au comparateur, ce qui stoppe le moteur. Il est à noter que le CNA doit être configuré en tension de sortie bipolaire (par exemple – 5 V à + 5 V) afin que le moteur puisse démarrer soit dans un sens, soit dans l'autre.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE ADC0808

Le brochage de l'ADC0808 est donné en figure 4.9 et son schéma interne est dessiné en figure 4.10.

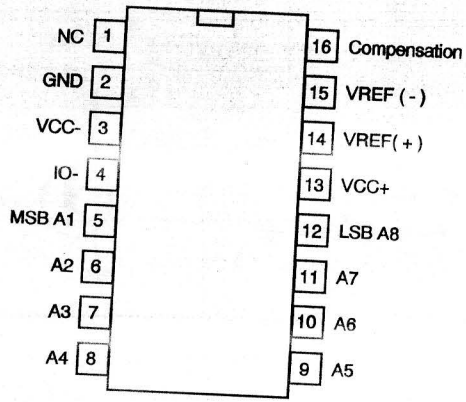


Figure 4.9.

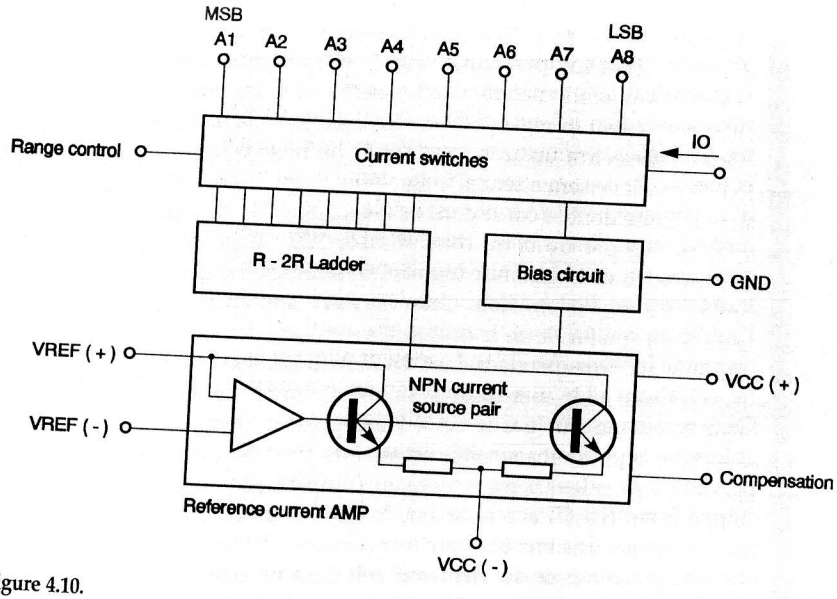


Figure 4.10.

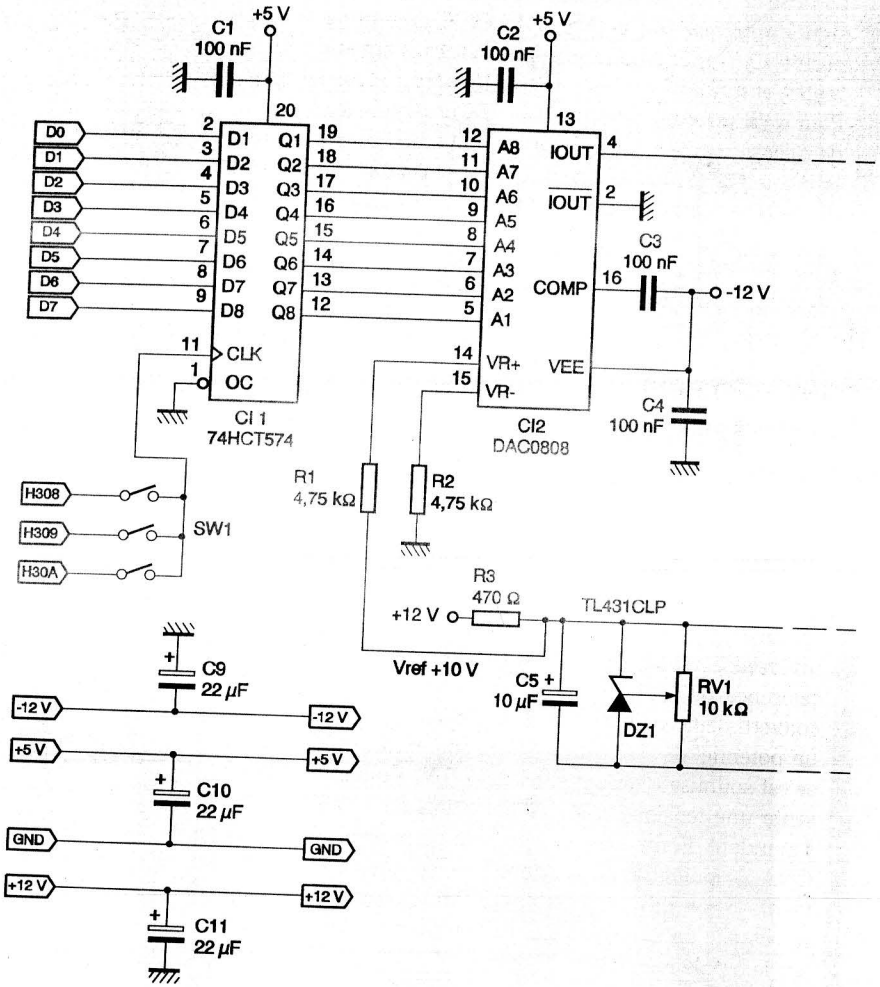
Le schéma de principe figure en 4.11. Nous remarquons tout d'abord l'octuple bascule CI_1, un 74LS574. En effet, l'ADC0808 ne contient pas, contrairement à beaucoup d'autres circuits convertisseurs, de bascules destinées à mémoriser l'octet qui lui est envoyé par le bus du microprocesseur. Nous avons donc dû lui adjoindre cette dernière en externe. La prise en compte par CI_1 de l'information a lieu lorsque le signal appliqué sur sa broche CLOCK présente un front positif. Ce front peut être disponible à trois adresses différentes, et trois switches permettent le choix de cette adresse. Pour qu'il puisse fonctionner, le CNA nécessite une tension de référence de + 10 V, tension qui doit être d'une précision et d'une stabilité excellentes. Celle-ci est fournie par une diode zéner de référence, la TL431CLP. Sa tension est ajustable par une résistance variable RV_1. Un condensateur d'assez grosse capacité, C_5 de10 µF, filtre cette tension. Elle est ensuite appliquée à la broche $V_{ref}(+)$ du convertisseur.

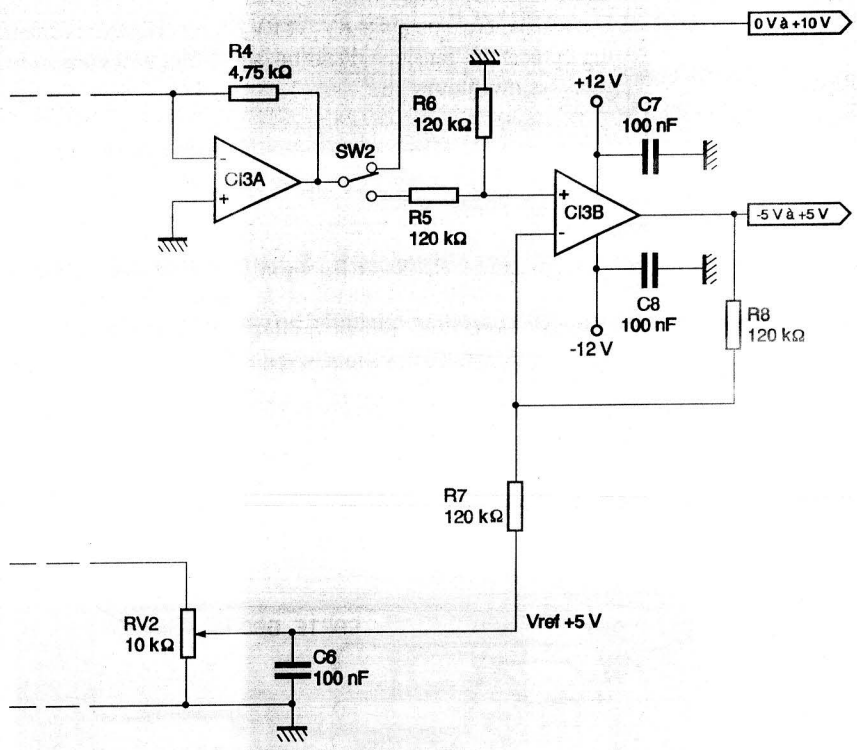
La sortie du CNA a lieu sur sa broche 4. Elle est alors appliquée à un amplificateur opérationnel (CI_3A) configuré en convertisseur courant-tension. Sur sa sortie est alors disponible une tension pouvant varier entre 0 V et +10 V, suivant le poids de l'octet qui lui sera appliqué sur ses entrées (0 à 255).

Afin de pouvoir disposer d'une tension bipolaire (– 5 V à + 5 V), il a été ajouté un second amplificateur opérationnel qui fonctionne de la manière suivante : CI_3B est configuré en amplificateur inverseur de gain unitaire. Sur son entrée inverseuse est appliquée en permanence une tension de référence de + 5 V. Supposons la tension de sortie du convertisseur égale à 0 V. La sortie de CI_3B présente alors un potentiel de sortie de – 5 V. Si son entrée non inverseuse est soumise à un potentiel de + 5 V, alors sa sortie présente une tension nulle, les potentiels de + 5 V et – 5 V s'annulant. Enfin, pour une tension de sortie de + 10 V du CNA, le potentiel de la sortie de CI_3B sera égal à + 5 V (+ 10 – 5 = + 5 V). Le switch SW2 permet, par sa manœuvre, le passage de la tension de sortie unipolaire en tension de sortie bipolaire.

Tous les convertisseurs réclament un découplage efficace de leurs points d'alimentation par des condensateurs situés au plus près de leur boîtier. C'est ce qui est fait par C_2, C_3 et C_4. Tous les autres circuits, logiques et analogiques, sont également munis de leur capacité. Les lignes d'alimentation provenant de la carte de base sont également filtrées par des condensateurs de 22 µF.

Figure 4.11.


C1
100 nF
+5 V
C2
100 nF
+5 V
D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D1 Q1
D2 Q2
D3 Q3
D4 Q4
D5 Q5
D6 Q6
D7 Q7
D8 Q8
CLK
OC
CI 1
74HCT574
A8 IOUT
A7
A6 IOUT
A5
A4
A3
A2 COMP
A1
VR+ VEE
VR-
CI2
DAC0808
C3
100 nF
-12 V
C4
100 nF
H308
H309
H30A
SW1
R1
4,75 kΩ
R2
4,75 kΩ
R3
470 Ω
+12 V
TL431CLP
Vref +10 V
C5 +
10 µF
DZ1
RV1
10 kΩ
C9
22 µF
-12 V
+5 V
C10
22 µF
GND
+12 V
C11
22 µF


R4
4,75 kΩ
0 V à +10 V
R6
120 kΩ
+12 V
C7
100 nF
SW2
CI3A
R5
120 kΩ
CI3B
-5 V à +5 V
C8
100 nF
-12 V
R8
120 kΩ
R7
120 kΩ
RV2
10 kΩ
Vref +5 V
C6
100 nF

Liste des composants

LA RÉALISATION PRATIQUE

Circuits intégrés :
CI_1 : 74LS57A,
CI_2 : DAC0808 ou LM1408,
CI_3 : LF353.

Semi-conducteurs :
DZ_1 : TL431CLP.

Résistances :
R_1, R_2, R_4 : 4,75 kΩ ou 5 kΩ tolérance 1 % ou mieux,
R_3 : 470 Ω (jaune, violet, marron),
R_5, R_6, R_7, R_8 : 120 kΩ (marron, rouge, jaune),
RV_1, RV_2 : résistance ajustable 10 kΩ multitours.

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 4.12.

Le dessin de l'implantation des composants est représenté en figure 4.13. Les deux modes de sortie (unipolaire ou bipolaire) sont disponibles sur deux connecteurs RCA directement soudés sur la carte.

Les résistances ajustables RV_1 et RV_2, qui permettent l'ajustage précis des tensions de sortie, sont obligatoirement des modèles multitours.

Les circuits intégrés pourront être placés sur des supports, ce qui n'apportent aucun préjudice au bon fonctionnement de l'ensemble.

Les résistances R_1, R_2 et R_4 seront des modèles à 1 % de tolérance ou mieux, et de valeur 4,75 kΩ à 5 kΩ. Le circuit comporte quelques straps qu'il conviendra d'implanter avant les autres composants.

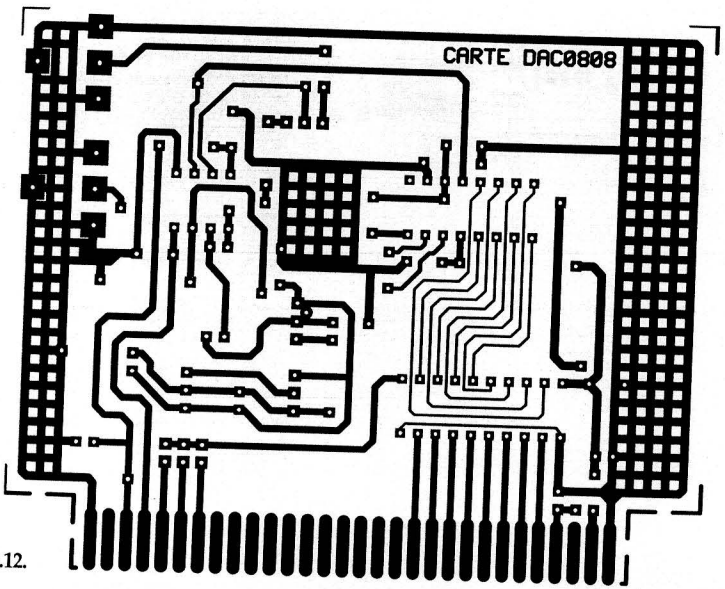


Figure 4.12.

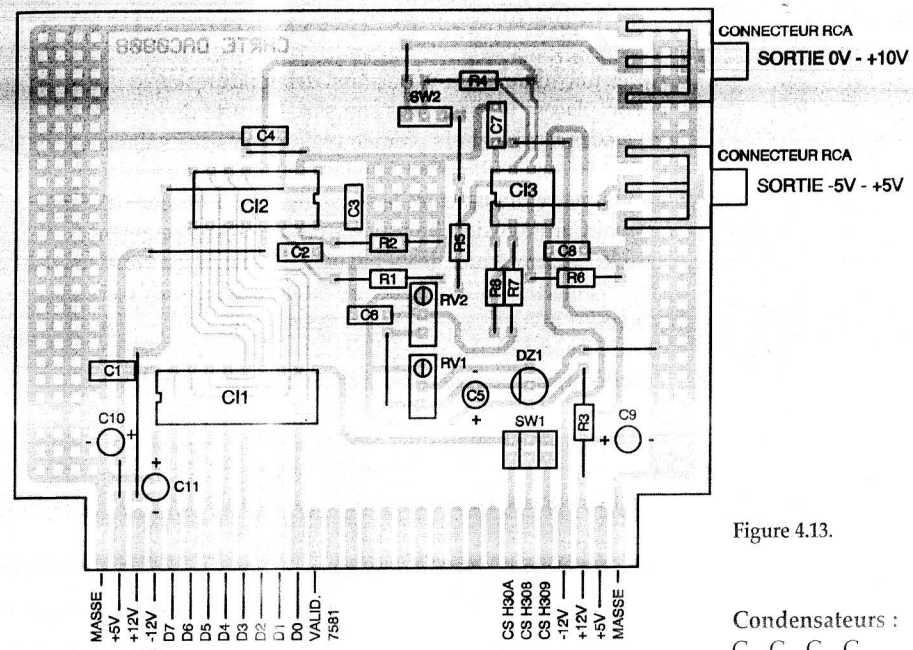
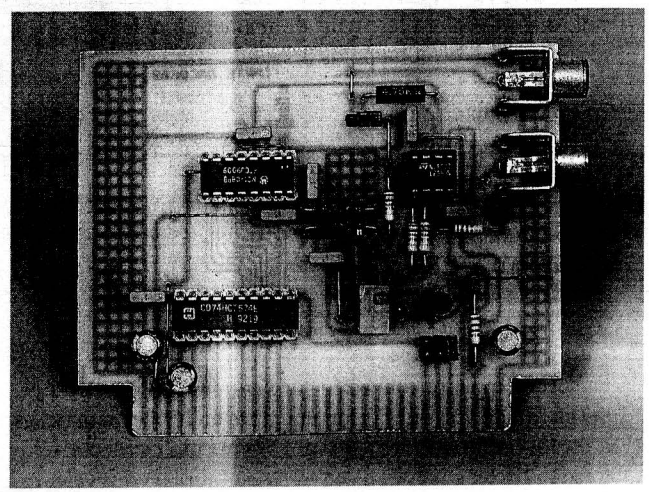


Figure 4.13.

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3, C_4, C_6, C_7, C_8 : 100 nF,
C_5 : 10 µF 16 V tantale boule,
C_9, C_{10}, C_{11} : 22 µF 16 V radial.

Divers :
1 support pour circuit intégré 20 broches,
1 support pour circuit intégré 16 broches,
1 support pour circuit intégré 8 broches,
2 connecteurs RCA pour circuit imprimé,
3 morceaux de barrette sécable de picots à 3 points
+ 2 cavaliers.



Les réglages et les essais

Après une minutieuse vérification des soudures de la platine, on placera la carte dans son slot. La carte de base sera mise sous tension, et le premier réglage consistera à ajuster les deux tensions de référence. Pour se faire, on connectera un voltmètre digital entre la résistance R_3 (côté zéner) et la masse. Cette tension devra être réglée très exactement à + 10 V. On procédera de même pour la tension de + 5 V en connectant le multimètre entre le curseur de RV_2 et la masse.

Pour les essais on reliera la carte de base à la carte de décodage des adresses se trouvant dans l'ordinateur, puis on entrera le programme suivant :

```
REM test de la carte ADC0808
REM carte adressée en H308
REM carte configurée en sortie unipolaire
OUT &H308,0 : REM envoi octet de poids 0 —> sortie = 0 V
SLEEP 5
OUT &H308, 128 : REM envoi octet de poids 128 —> sortie = +5 V
SLEEP 5
OUT &H308, 255 : REM envoi octet de poids 255 —> sortie = +10 V
SLEEP 5
END
```

Il se peut que les tensions de sortie varient de quelques dixièmes de volt par rapport aux tensions prévues. Cela provient de la tolérance des composants, et des caractéristiques propres au convertisseur. Cela n'est pas très important, et l'on réglera le circuit de manière à obtenir 0 V en sortie pour un octet de poids 0.

```
REM test de la carte ADC0808
REM carte adressée en H308
REM carte configurée en sortie bipolaire
DO
FOR D=0 TO 255
OUT &H308,D
NEXT D
LOOP : REM "CTRL + PAUSE" pour sortir du programme
```

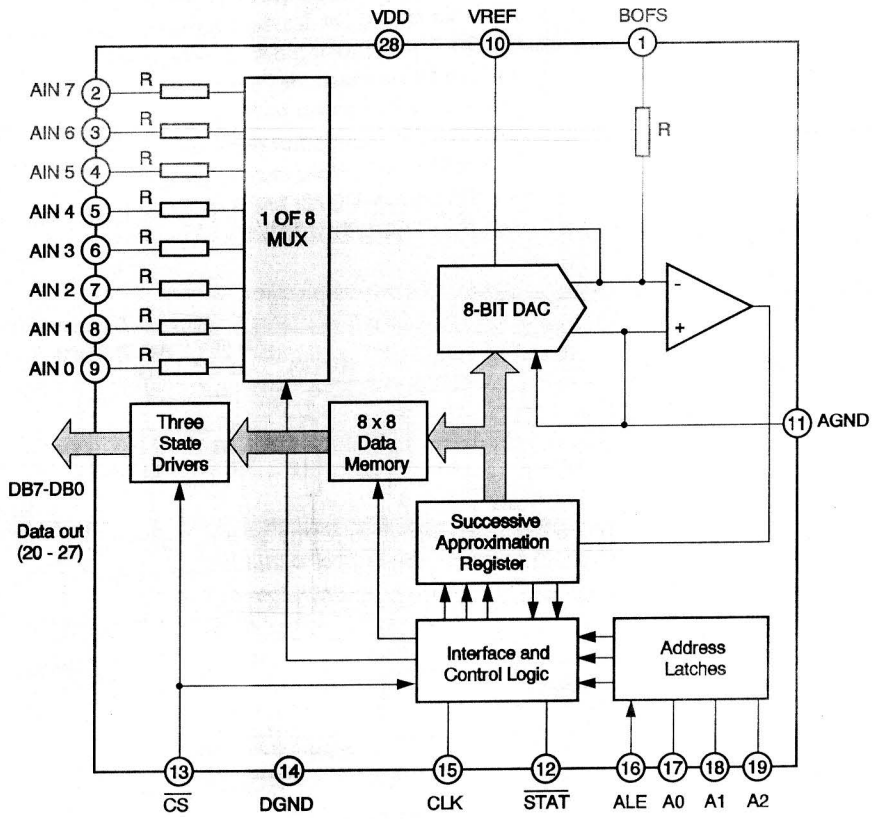
La sortie bipolaire connectée sur l'entrée d'un oscilloscope, permettra de voir sur l'écran une trace en forme de marches d'escalier centrée entre – 5 V et + 5 V, et qui chutera à – 5 V lorsque l'octet envoyé au convertisseur aura 0 pour valeur.

D - La carte à convertisseur analogique-numérique : AD7581

La dernière carte que nous présentons dans ce chapitre est celle qui permettra la lecture des tensions qui seront appliquées sur ses entrées.

Nous avons utilisé pour la conception de cette carte un circuit intégré fabriqué par la société *Analog devices*, le AD7581. Ce dernier est d'une mise en œuvre relativement simple et contient toute la logique nécessaire à l'obtention d'un système de mesure à huit canaux. La configuration interne du circuit est représenté en figure 4.14, qui donne également la fonction de chaque broche.

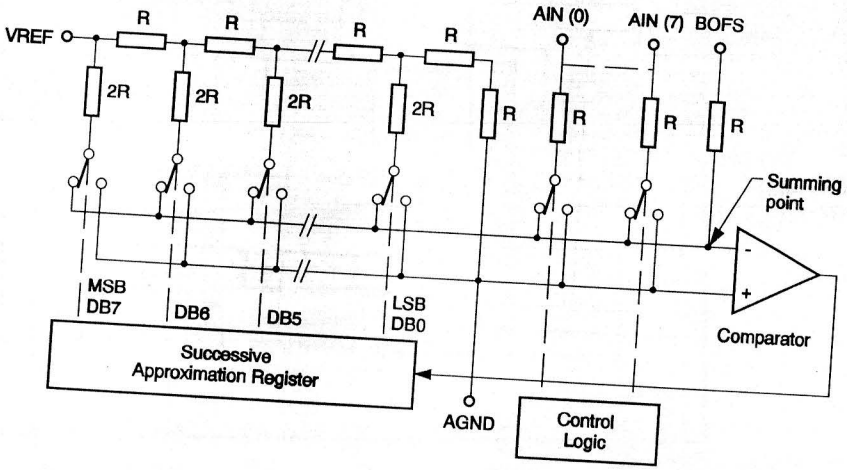
Figure 4.14.



Une horloge externe est obligatoire afin de cadencer toutes les opérations internes. Son temps de conversion est relativement long puisqu'il atteint 66,6 µs par canal, mais cela ne gênera en rien l'application auquel nous le destinons. Le AD7581 fonctionne avec le système de conversion à approximations successives.

Dans cette technique, la mesure s'effectue en plusieurs cycles, et c'est la répétition de ces cycles qui augmente le temps de conversion, comme nous l'avons dit en introduction de ce chapitre. La première mesure consiste par l'application du bit le plus significatif (D_7) sur l'entrée du convertisseur NA contenu dans le AD7581. La tension de sortie de ce CNA est alors comparée à la tension d'entrée inconnue en utilisant un amplificateur opérationnel configuré en comparateur et contenu dans le boîtier. Si la tension issue du CNA est supérieure à celle d'entrée, le bit de sortie D_7 est mis à 0. La seconde mesure est effectuée à l'aide du bit D_6. Si la comparaison des deux tensions montre que la tension d'entrée est supérieure à la tension de sortie du CNA interne, alors le bit de sortie D_6 est mis à 1. Ceci est répété jusqu'au bit D_0, et les huit lignes de sortie digitales de l'AD7581 présentent alors un octet dont la valeur est une représentation exacte de l'amplitude de la tension d'entrée. La figure 4.15. montre le circuit utilisé pour parvenir à ce résultat. La commutation porte sur les différentes branches d'un réseau R-2R dont chaque circuit augmente la tension de sortie du CNA (1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, etc.).

Figure 4.15.



LE SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe est donné en figure 4.16. Les lignes de données provenant de la carte de base sont directement connectées à l'AD7581, ce dernier possédant les latches nécessaires à la mise en mémoire des états logiques de chaque ligne. Afin de déterminer laquelle des entrées (IN_1 à IN_8) on désire lire, les trois broches d'adresses du convertisseur sont reliées à une bascule 74LS574, CI_1, laquelle est validée, comme pour la carte précédente par l'un des trois signaux disponibles sur la carte de base. Ainsi, si l'on envoie l'octet 00 à la bascule CI_1, ce sera l'entrée IN_1 qui sera active ; si nous envoyons l'octet 07, ce sera l'entrée IN_8 qui sera choisie.

Le convertisseur nécessite l'emploi d'une horloge externe afin de cadencer le processus de conversion. Cette conversion se déroule sans cesse et passe chronologiquement par la lecture de toutes les entrées, les résultats étant stockés dans une mémoire interne. Lorsqu'un signal de lecture est envoyé au circuit, l'équivalent en valeur binaire de la tension d'entrée du canal choisi apparaît sur les sorties DB_0 à DB_7. Ce signal de lecture est appliqué sur la broche CS/ de l'AD7581.

Le signal d'horloge est généré par un quartz dont la fréquence d'oscillations est divisée par un compteur binaire, le 74HC4060 (CI_4). La fréquence de sortie est alors de 1,125 MHz, et est appliquée sur l'entrée CLOCK du convertisseur.

La tension de référence nécessaire au CAN est d'une valeur de – 10 V. Elle est produite par la zéner de référence DZ_1, une TL431CLP. Le circuit centré autour de l'amplificateur opérationnel CI_3 permet le passage en mode de lecture bipolaire, – 5 V à + 5 V. Les résistances R_4 et R_5, respectivement de 20 kΩ et 10 kΩ seront d'un type à tolérance de 1 % ou mieux.

Dans chaque ligne d'entrée de lecture est insérée en série une résistance ajustable de 2 kΩ (RV_3 à RV_{10}). Celle-ci sont nécessaires afin de régler très exactement le courant entrant, et par là même, la tension. Nous verrons dans le paragraphe *"Réglages et essais"* comment procéder aux différents ajustages de ces nombreuses résistances variables.

Les circuits intégrés sont découplés par divers condensateurs, ainsi que les lignes d'alimentation provenant de la carte de base.

Figure 4.16.

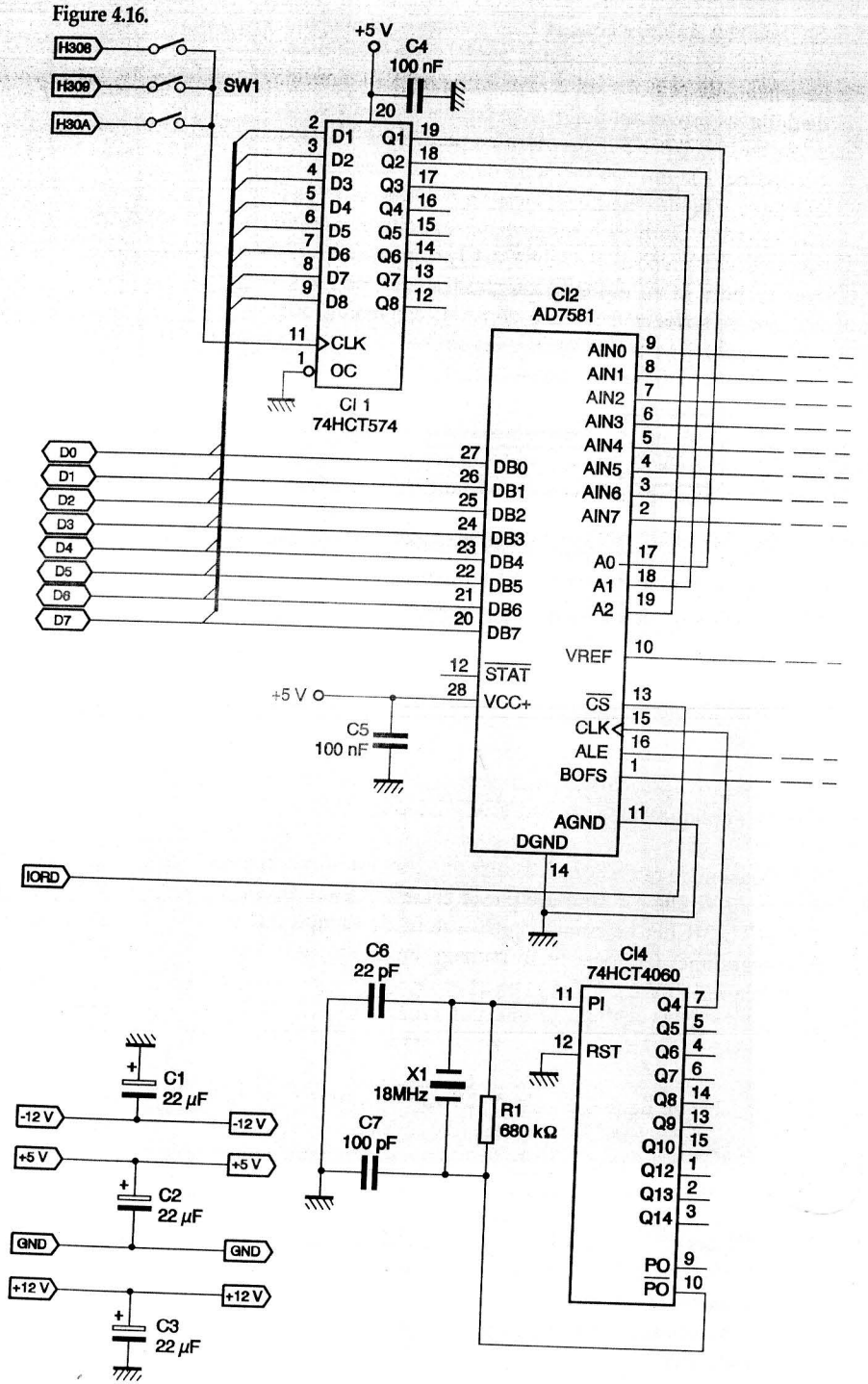
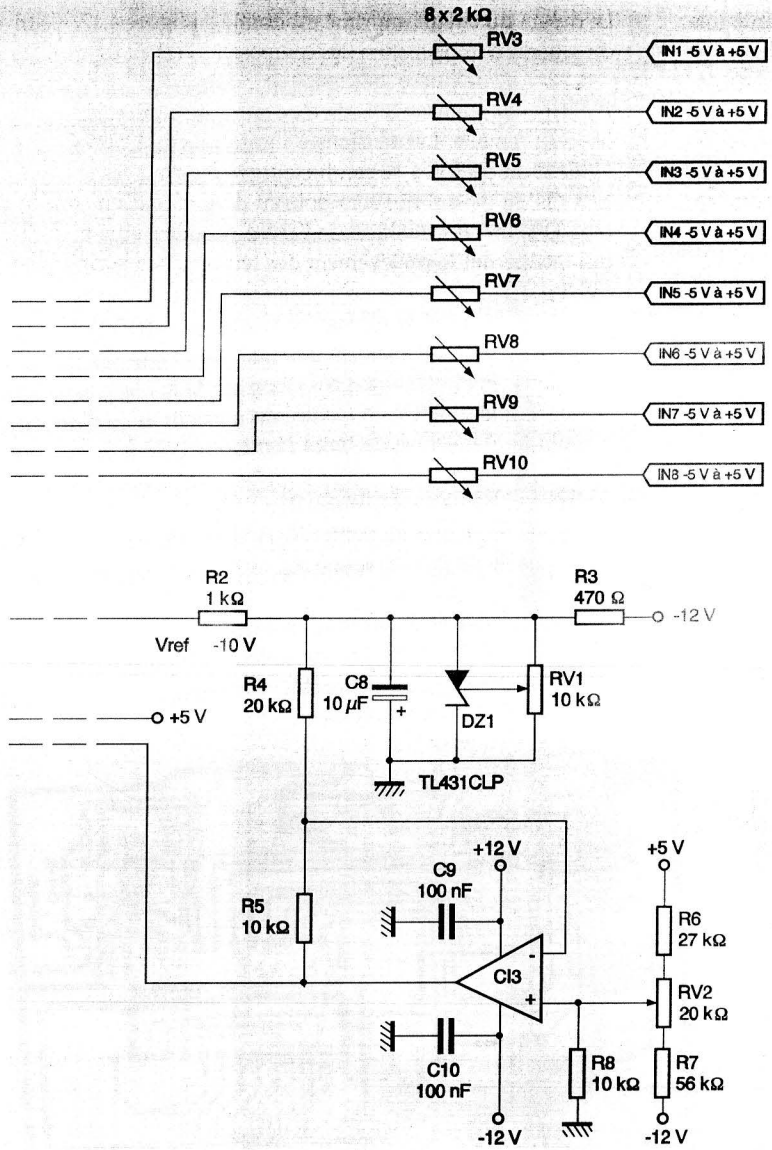


Figure 4.16.



Liste des composants

LA RÉALISATION PRATIQUE

Circuits intégrés :
CI_1 : 74LS574,
CI_2 : AD7581,
CI_3 : LF351,
CI_4 : 74HCT4060.

Semi-conducteurs :
DZ_1 : TL431CLP.

Résistances :
R_1 : 680 kΩ (bleu, gris, jaune),
R_2 : 1 kΩ (marron, noir, rouge),
R_3 : 470 Ω,
R_4 : 20 kΩ tolérance 1 % ou mieux,
R_5 : 10 kΩ tolérance 1 % ou mieux,
R_6 : 27 kΩ (rouge, violet, orange),
R_7 : 56 kΩ (vert, bleu, orange),
R_8 : 10 kΩ (marron, noir, orange),

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 4.17. Celui du schéma d'implantation des composants l'est en figure 4.18.

L'entrée des tensions s'effectue sur un connecteur DB_9 broches femelle. Les tensions à mesurer seront prélevées à l'aide d'un cordon à 16 conducteurs (8 fils pour les tensions et 8 fils de masse) qui sera pourvu d'un côté d'un connecteur DB_9 broches mâle et de l'autre côté de petits grip-fils qui faciliteront le prélèvement des tensions sur le circuit en fonction.

Durant le câblage, il faudra prendre garde aux straps passant sous les circuits intégrés et surtout, ne pas souder les supports avant ces jonctions. Si le réalisateur souhaitait une possibilité de lecture de tensions unipolaires (0 à + 10 V), cela ne nécessiterait l'omission que de trois composants :

1. ne pas implanter R_4 ;
2. ne pas implanter R_5 et la remplacer par un strap ;
3. ne pas implanter R_8.

Le câblage terminé, on passera à la vérification de toutes les soudures, et l'on contrôlera l'absence de tout court-circuit entre pistes adjacentes. Les réglages et les essais pourront alors être entrepris.

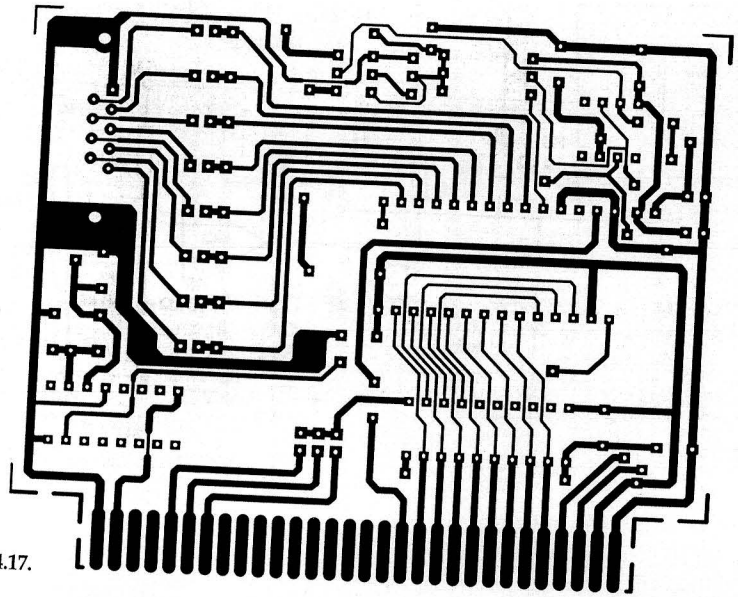


Figure 4.17.

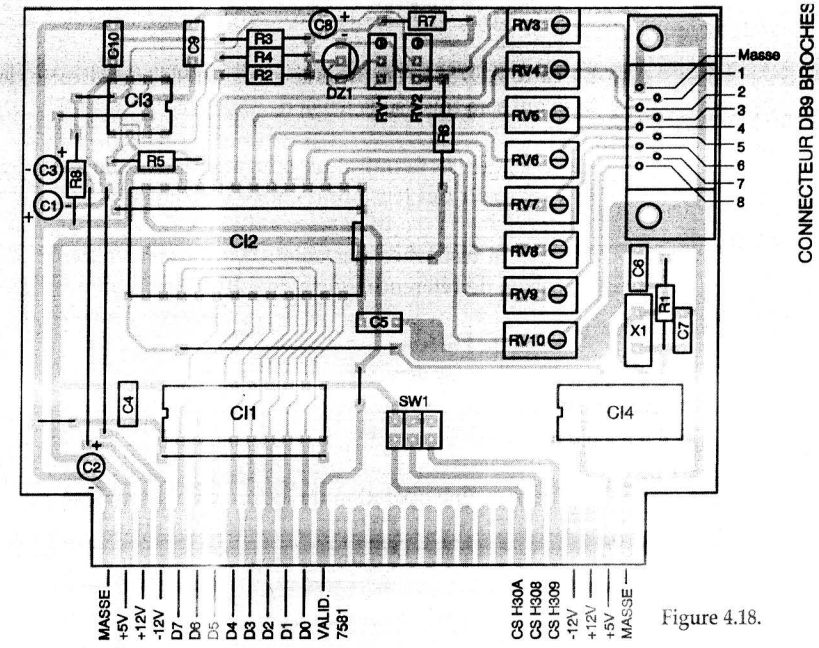
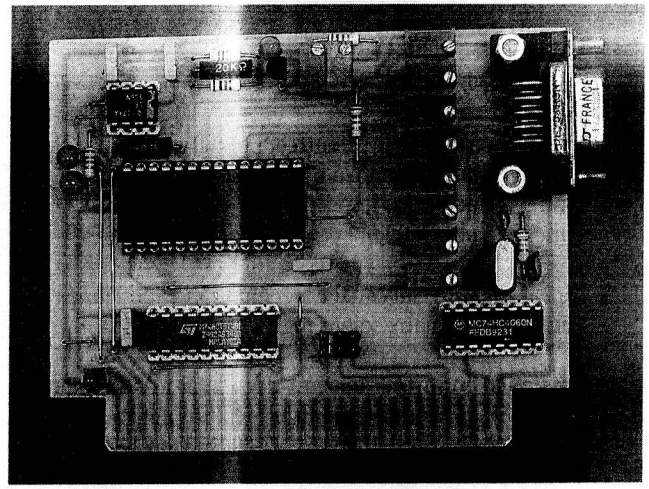


Figure 4.18.



Divers :
1 connecteur DB9 broches femelle pour circuit imprimé,
1 quartz 18,000 MHz,
2 morceaux de barrettes sécables à picots de 3 points,
1 cavalier.

RV_1 : résistance ajustable 10 kΩ multitours,
RV_2 : résistance ajustable 20 kΩ multitours,
RV_3, RV_4, RV_5, RV_6, RV_7, RV_8, RV_9, RV_{10} : résistance ajustable 2 kΩ multitours.

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3 : 22 µF 16 V radial,
C_4, C_5, C_9, C_{10} : 100 nF,
C_6 : 22 pF céramique disque,
C_7 : 100 pF céramique disque,
C_8 : 10 µF 16 V tantale boule.

Les réglages et les essais

La carte AD7581 sera insérée dans un slot de la carte de base qui sera mise sous tension.

Les réglages se feront alors obligatoirement dans l'ordre suivant (pour des tensions d'entrée bipolaires) :

1. régler la résistance ajustable RV_1 de façon à obtenir une tension de référence exacte de – 10 V.

Réglage de l'offset :

2. appliquer sur toutes les entrées (IN_0 à IN_8) une tension de – 4,980 V ;

3. effectuer une opération de lecture, et ajuster RV_2 de manière à ce que les bits D_1 à D_7 aient un niveau logique 0 et que le bit D_0 indique d'une manière instable soit 0, soit 1 ;

Réglage du gain (pleine échelle) :

4. appliquer sur toutes les entrées (IN_1 à IN_8) une tension de + 4,941 V ;

5. choisir un canal de lecture par l'envoi d'une adresse à la bascule CI_1 ;

6. ajuster la résistance d'entrée (2 kΩ) du canal choisi jusqu'à ce que la donnée binaire obtenue en lecture présente un état 1 pour les bits D_1 à D_7, et que le bit D_0 présente un état instable (0 et 1) ;

7. choisir un nouveau canal et répéter l'opération jusqu'à ce que tous les canaux soient réglés ;

8. appliquer enfin une tension de – 19,5 mV sur chaque entrée. Si le résultat obtenu en lecture ne présente pas une instabilité entre 0111111 et 1000000, ou 127 et 128 en décimal, il conviendra de répéter toutes les opérations de calibration.

Les programmes ci-dessous faciliteront les opérations de réglages :

```
REM réglage de l'offset
REM carte adressée en H30A
OUT &H30A, 0 : REM sélection du canal IN1
DO
A = INP(&H30A)
PRINT A
LOOP
REM réglage des courants d'entrée ; gain pleine échelle
REM carte adressée en H30A
OUT &H30A, 0 : REM sélection entrée IN1
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au canal suivant
OUT &H30A, 0 : REM sélection entrée IN1
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au canal suivant
OUT &H30A, 0 : REM sélection entrée IN1
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au canal suivant
OUT &H30A, 1 : REM sélection entrée IN2
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au canal suivant
OUT &H30A, 2 : REM sélection entrée IN3
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au canal suivant
OUT &H30A, 3 : REM sélection entrée IN4
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au
canal suivant
OUT &H30A, 4 : REM sélection entrée IN5
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
```

```
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au
canal suivant
OUT &H30A, 5 : REM sélection entrée IN6
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au canal suivant
OUT &H30A, 6 : REM sélection entrée IN7
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour passer au
canal suivant
OUT &H30A, 7 : REM sélection entrée IN8
FOR T=0 TO 10000 : REM 10000 opérations de lecture
A= INP(&H30A)
PRINT A
NEXT T
END
```

Suivant la vitesse de fonctionnement de l'ordinateur, il conviendra probablement soit d'augmenter le nombre de mesures, soit de le diminuer.

CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	Platine des alimentations des cartes externes	17
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29
4	Cartes multifonctions	45

5 CARTE VOLTMÈTRE POUR ADAPTATION AU SYSTÈME DE MESURES

Multifonctions analogiques 80
Le schéma de principe 80
La réalisation pratique 83

6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171
10	Utilisation des capteurs	187
11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211
	Annexes	223

MULTIFONCTIONS ANALOGIQUES

Les tensions que l'on peut mesurer à l'aide du système décrit dans le chapitre précédent ne peuvent excéder une amplitude limitée dans une plage allant de – 5 V à + 5 V. Il est certain que cette plage réduite peut présenter un handicap, à partir de l'instant où les niveaux présents sur un circuit présentent des tensions beaucoup plus faibles ou beaucoup plus élevées.

D'autre part, l'impédance d'entrée du convertisseur AD7581 est relativement basse (20 kΩ typique) et peut de ce fait provoquer un mauvais fonctionnement dans le circuit où l'on prélève les tensions et introduire ainsi des erreurs de mesures. La carte qui sera réalisée dans cette partie, apportera une solution à ce problème en permettant d'augmenter la plage des tensions admissibles qui passera de – 0,5 V et + 0,5 V à – 50 V et + 50 V ou 0 V à 1 V et 0 V à 100 V si la configuration de la carte AD7581 est unipolaire. D'autre part, par l'emploi de composants appropriés, l'impédance des entrées de mesures passera de 20 kΩ à 1 MΩ, ce qui, dans tous les cas, n'apportera aucune perturbation au circuit mesuré.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE

Il est donné en figure 5.1. Les quatre premières entrées (IN_1 à IN_4) sont configurées identiquement et font appel à un quadruple amplificateur opérationnel, CI_1, un TL084. Chacun des amplificateurs contenus dans le boîtier est monté en suiveur de tension, ce qui n'apporte bien sûr aucun gain au montage, mais permet de disposer de l'impédance très élevée de ce type de composant. Les résistances R_2, R_4, R_6 et R_8, d'une valeur de 1 MΩ fixent l'impédance d'entrée à cette valeur. Les résistances R_1, R_3, R_5 et R_7, précédant les limiteurs à diodes zéners, permettent de limiter le courant traversant celles-ci, si la tension présentée sur les entrées venaient à excéder la tension acceptable par le convertisseur. Les limiteurs entrent en conduction à partir de la tension de zéner V_z + 0,7 V. Ils protègent également les amplificateurs opérationnels contre une tension appliquée sur leur entrée et qui dépasserait leurs tensions d'alimentation. Pour une plage de mesures bipolaires, la tension des zéner est de 4,7 V. Si le AD7581 était configuré en unipolaire, cette valeur devrait être portée à 10 V.

Figure 5.1.

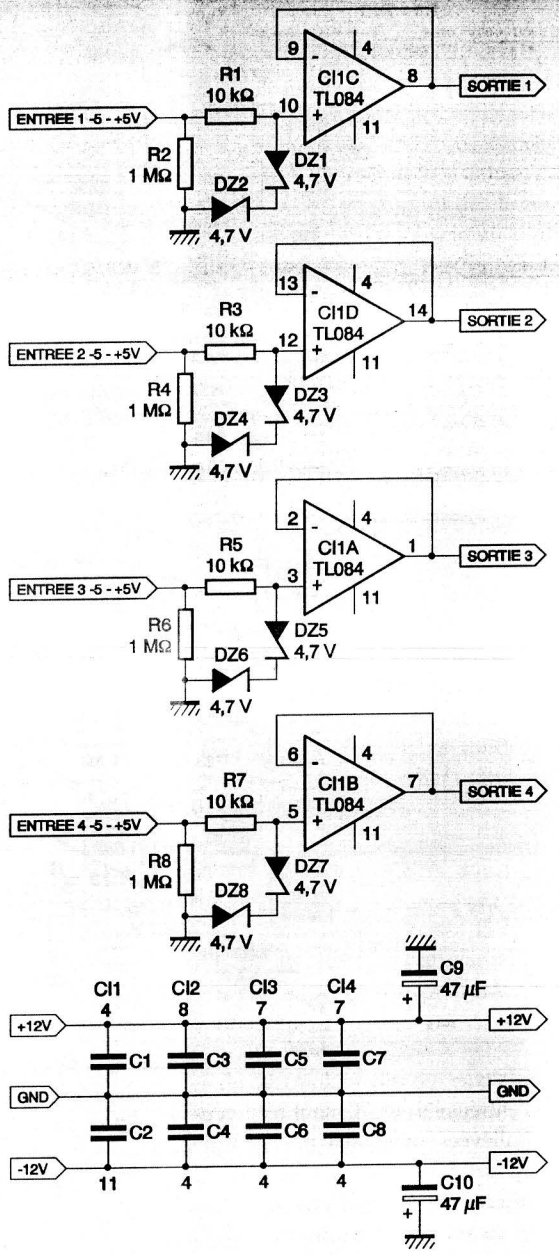
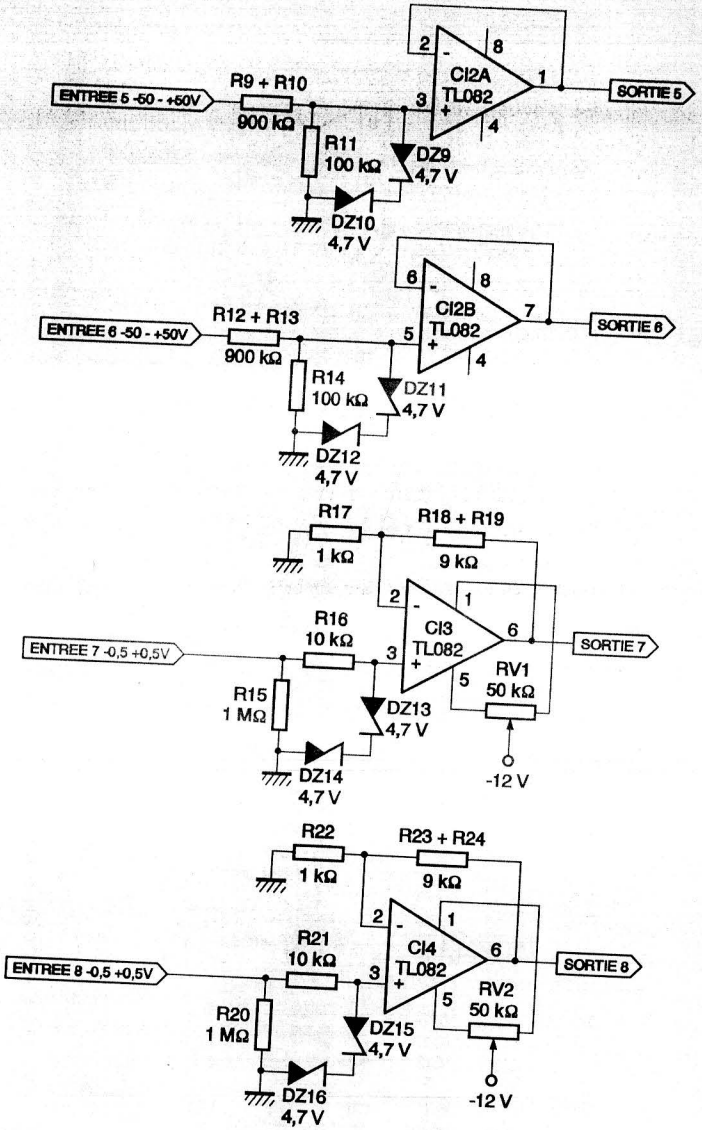


Figure 5.1.



Les entrées IN_5 et IN_6 sont réservées à la lecture de tensions plus élevées, puisque le niveau admissible se situe dans une plage se situant entre – 50 V et + 50 V. Là encore l'impédance est très élevée, puisque les tensions parviennent à un diviseur constitué de résistances de 900 kΩ et de 100 kΩ. Elles sont ainsi réduites dans un rapport de un dixième avant d'être appliquées aux entrées du convertisseur. Le circuit utilisé est un double AOP, CI_2, le TL082.

Les entrées IN_7 et IN_8, quant à elles, seront utilisées pour la mesure de tensions basses et comprises entre – 0,5 V et + 0,5 V ou 0 V et + 1 V. Il est donc nécessaire de les amplifier avant de les présenter à la carte CAN. C'est ce qui est fait par les amplificateurs opérationnels CI_3 et CI_4, des TL081. Ils sont configurés en amplificateur non inverseur de gain 10. Ce gain est fixé par le rapport des résistances de contre réaction ($R_{18} + R_{19}$ et $R_{23} + R_{24}$) et des résistances R_{17} et R_{21}. On trouve en entrée la même résistance fixant l'impédance et celle de limitation de courant des limiteurs, ainsi que ces derniers. Il est prévu dans le circuit d'offset, des résistances ajustables destinées à annuler toute tension de décalage en sortie des amplificateurs.

Tous les amplificateurs opérationnels ont leurs broches d'alimentation découplées par des condensateurs de 100 nF, et l'on trouve deux capacités de 47 µF sur les lignes + 12 V et – 12 V.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 5.2, et celui de l'implantation des composants en figure 5.3. L'entrée de chaque tension à mesurer s'effectue sur des borniers à vis qui permettent également la connexion d'un fil de masse. Les sorties des tensions traitées sont disponibles sur un connecteur DB_9 broches femelle. Il faudra donc fabriquer un câble à 10 conducteurs qui reliera cette sortie à l'entrée de la carte convertisseur AD7581.

Les tensions d'alimentation + 12 V et – 12 V pourront être prélevées sur la carte de base du système multifonctions analogiques. Ces tensions sont distribuées sur la carte par un bornier à vis à trois points. Lors de l'implantation des diodes zéner sur le circuit imprimé, on prendra garde à l'orientation de ces dernières.

Les capacités de 47 µF de découplage des lignes d'alimentation seront de préférence des capacités au tantale.

Les résistances R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{14}, R_{17}, R_{18}, R_{19}, R_{22}, R_{23} et R_{24} seront obligatoirement des modèles de tolérance 1 % minimum. Il est même vivement recommandé d'utiliser des modèles à 0,5 % ou 0,1 %.

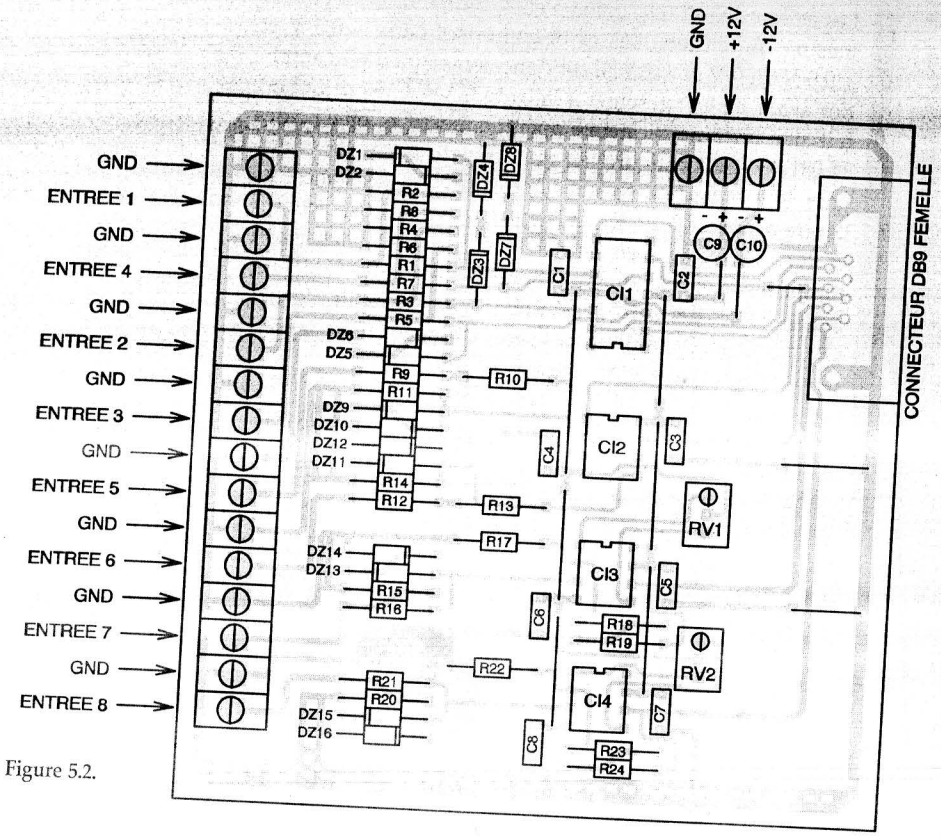


Figure 5.2.

Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 : TL084,
CI_2 : TL082,
CI_3 : TL081.

Semi-conducteur broches :
DZ_1 à DZ_{16} : zéner 4,7 V ou 10 V 0,5 W selon le cas (voir texte).

Résistances :
R_1, R_3, R_5, R_7, R_{16}, R_{21} : 10 kΩ (marron, noir, orange),
R_2, R_4, R_6, R_8, R_{15}, R_{20} : 1 MΩ (marron, noir, vert),
R_9, R_{12} : 750 kΩ tolérance 1 %, 0,5 % ou 0,1 % conseillé,
R_{10}, R_{13} : 150 kΩ tolérance 1 %, 0,5 % ou 0,1 % conseillé,
R_{11}, R_{14} : 100 kΩ tolérance 1 %, 0,5 % ou 0,1 % conseillé,

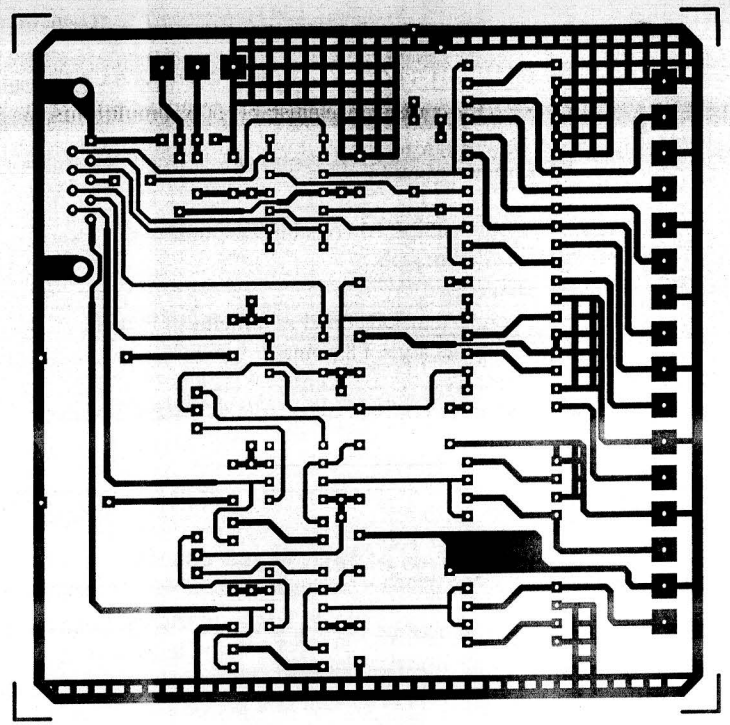
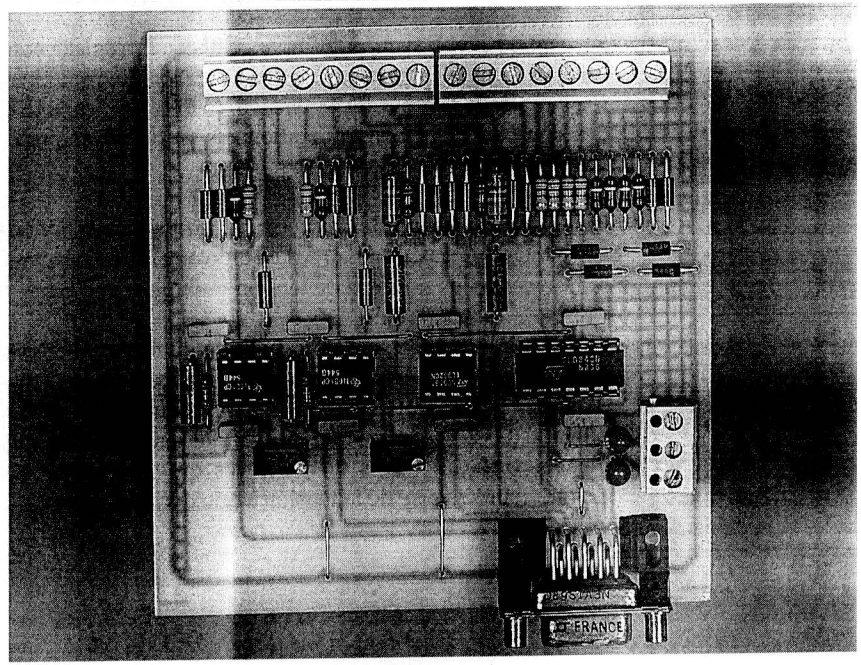


Figure 5.3.



$R_1$7, R_{22} : 1 kΩ tolérance 1 %, 0,5 % ou 0,1 % conseillé,
R_{18}, R_{23} : 7,5 kΩ tolérance 1 %, 0,5 % ou 0,1 % conseillé,
R_{19}, R_{24} : 1,5 kΩ tolérance 1 %, 0,5 % ou 0,1 % conseillé,
RV_1, RV_2 : résistance ajustable 50 kΩ multitours.

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8 : 100 nF,
C_9, C_{10} : 47 µF 16 volts tantale boule.

Divers :
1 connecteur DB_9 broches femelle,
2 borniers à vis à 8 points,
1 bornier à vis à 2 points,
1 support pour circuit intégré 14 broches,
3 supports pour circuit intégré 8 broches.

Les réglages et les essais

Ils se limitent à peu de choses. Dans les quatre premières entrées, on injectera une tension de + 3 V et l'on vérifiera que l'on obtient la même valeur en sortie. Pour les entrées 5 et 6, la tension sera portée à + 30 V et la tension obtenue en sortie devra alors être de + 3 V.

Les entrées 7 et 8 demanderont les deux seuls réglages de cette platine. Les résistances RV_1 et RV_2 devront être réglées afin d'annuler toute tension de décalage en sortie des deux amplificateurs opérationnels, après avoir porté leurs entrées à la masse.

On présentera ensuite aux entrées une tension de + 0,5 V ou + 1 V selon le cas (bipolaire ou unipolaire) et l'on devra retrouver sur les sorties cette tension multipliée par 10.

Nous voilà en possession d'un système de mesure de tensions continues qui permettra la surveillance de 8 tensions d'entrée. La résolution n'est pas très haute puisqu'elle atteint 0,039 2 V par pas de mesure. Elle sera toutefois largement suffisante dans bien des cas qui ne nécessitent qu'une connaissance de la tension à une décimale près.

CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	Platine des alimentations des cartes externes	17
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29
4	Cartes multifonctions	45
5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79

6 TESTEUR DE TRANSISTORS NPN ET PNP

Le schéma de principe 89
La réalisation pratique 91

7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171
10	Utilisation des capteurs	187
11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211
	Annexes	223

Le montage que nous allons maintenant décrire est une autre application possible du système multifonctions analogiques. Au moyen d'une petite interface conçue à l'aide d'amplificateurs opérationnels classiques, nous pourrons déterminer le courant d'émetteur (et donc le courant collecteur) des transistors qui seront connectés au circuit. On pourra ainsi déterminer le gain de ceux-ci et vérifier leur fonctionnement correct.

Le synoptique du montage est donné en figure 6.1. Le testeur nécessite l'emploi de deux cartes à convertisseur numérique-analogique et de deux des entrées du convertisseur analogique-numérique.

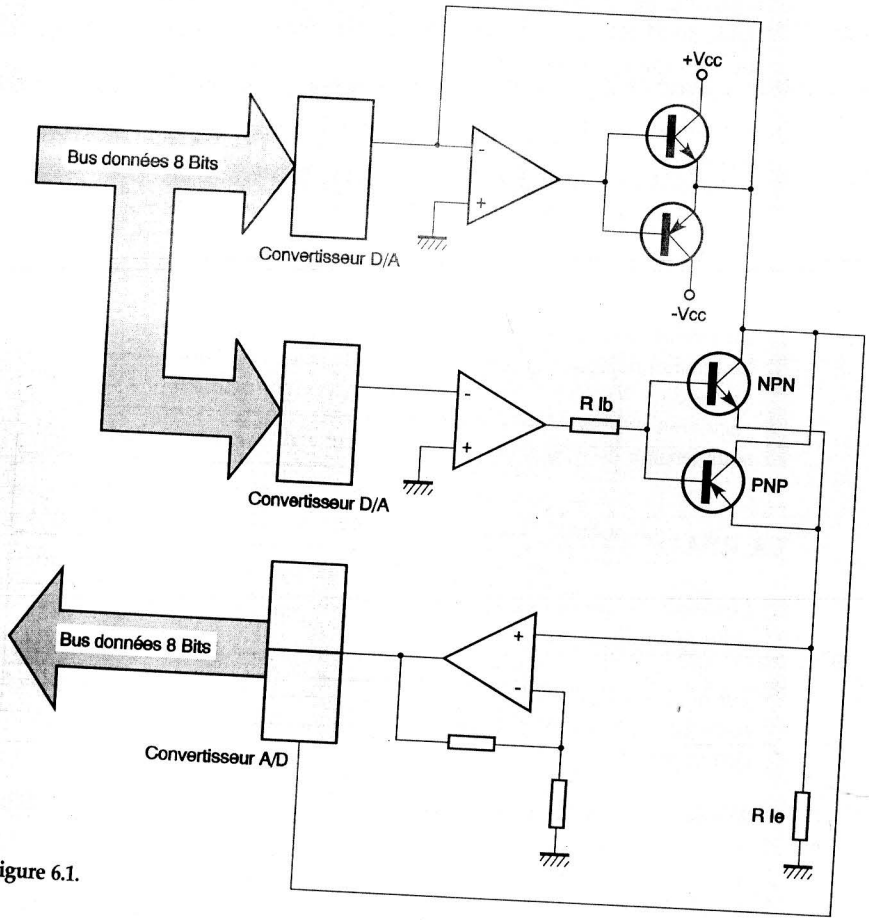


Figure 6.1.

Les tâches seront ainsi réparties :

1. le premier CNA déterminera la tension de collecteur appliquée au transistor ;
2. le second CNA sera employé afin de générer le courant de base ;
3. la première entrée du CAN mesurera le courant d'émetteur ;
4. la seconde entrée du CAN mesurera la tension V_{CE}.

Du point de vue logiciel, la chronologie des instructions suivra l'ordre ci-dessous :

1. une instruction déterminant le courant de base de – 175 µA à 175 µA par pas de 25 µA (– 175 µA, – 150 µA, – 100 µA, ... , 100 µA, 150 µA, 175 µA) ;
3. une instruction permettant de lire la tension aux bornes de la résistance d'émetteur et donc le courant d'émetteur ;
4. une nouvelle instruction permettant de lire la tension V_{CE} ;
5. une instruction déterminant une nouvelle tension V_{CE} ; puis nouvelle lecture du courant IE et de la tension V_{CE}.

Les instructions 2,3,4 et 5 seront répétées jusqu'à ce que la tension V_{CE} atteigne son maximum, puis on fixera un nouveau courant de base et l'on répétera les opérations de lecture.

Nous savons que le courant d'émetteur d'un transistor est la somme de son courant de base et de son courant de collecteur. Le courant de base étant une quantité négligeable par rapport à la totalité du courant, les résultats ne seront faussés que dans un très faible pourcentage.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe est donné en figure 6.2. La tension V_{CE} est produite par l'amplificateur opérationnel CI_1, un LF356, allié aux transistors T_1 et T_2 (BD139 et BD140).

Cet amplificateur possède dans son réseau de contre réaction, une résistance ajustable qui permet de régler son gain à 2. On disposera alors en sortie des transistors d'une tension maximale de + 10 V et – 10 V, qui sera le V_{CE} maximal du transistor en essai.

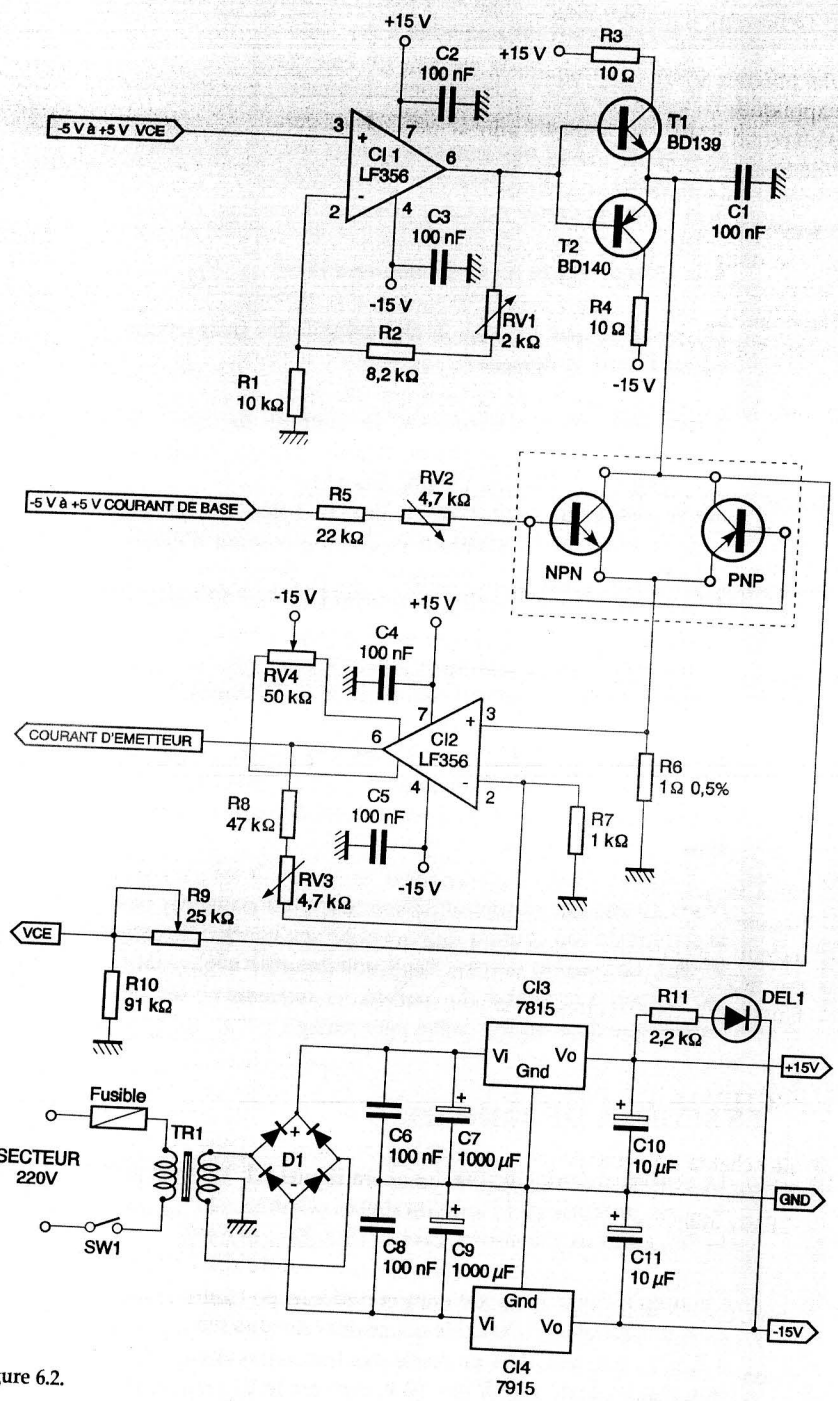


Figure 6.2.

Le courant de base résultera de la tension de sortie d'un des deux convertisseurs NA et pourra être ajusté à l'aide de la résistance RV_2 mise en série avec la résistance fixe de 22 kΩ (R_5).

La tension générée par le passage du courant d'émetteur dans la résistance R_6 de faible valeur (1 Ω) et de faible tolérance (0,5 % ou 0,1 %) sera prise en compte par l'amplificateur opérationnel CI_2, un LF356. Ce dernier aura son gain porté à 50, par réglage de la résistance ajustable RV_3. La tension disponible sur sa sortie sera lue et convertie par l'une des entrées du CAN. La résistance ajustable RVZ permet l'annulation de la tension de décalage en sortie de l'AOP.

Enfin, la tension V_{CE} est appliquée sur un réseau diviseur constitué des résistances R_{10} (91 kΩ) et R9 (résistance ajustable de 25 kΩ), qui divise par deux la tension avant qu'elle ne soit appliquée à la seconde entrée du CAN afin d'être convertie en un octet. Si le pont diviseur (par 2) possède des valeurs inégales, c'est que les entrées de l'AD7581 présentent une basse impédance de 20 kΩ (typique). Nous sommes donc obligés d'en tenir compte puisque cette résistance d'entrée viendra se placer en parallèle sur la résistance du diviseur.

Le testeur possède son alimentation propre et l'ensemble du circuit est alimenté par un transformateur de 2 x 15 V. La tension redressée est ensuite filtrée, et les tensions nécessaires de + 15 V et – 15 V sont obtenues à l'aide de deux régulateurs de tension, CI_3 et CI_4. La DEL signale la mise sous tension du montage.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est représenté en figure 6.3 et celui de l'implantation des composants l'est en figure 6.4.

Les quatre liaisons à effectuer avec la platine multifonctions analogiques le seront à l'aide de connecteurs RCA pour circuit imprimé.

Toutes les résistances ajustables seront obligatoirement de type multitours afin d'obtenir un réglage fin et durable. La résistance de mesure du courant est un modèle de précision de 1 Ω et pouvant dissiper une puissance minimale de 1 W.

Elle sera de tolérance 0,5 % ou 0,1 %. Elle ne sera fixée sur le circuit imprimé qu'une fois les réglages du circuit effectués. Le transformateur d'alimentation, d'une puissance de 5 VA, sera un modèle moulé pour circuit imprimé. On soudera un support pour transistor qui sera destiné à recevoir le composant à tester.

Figure 6.3.

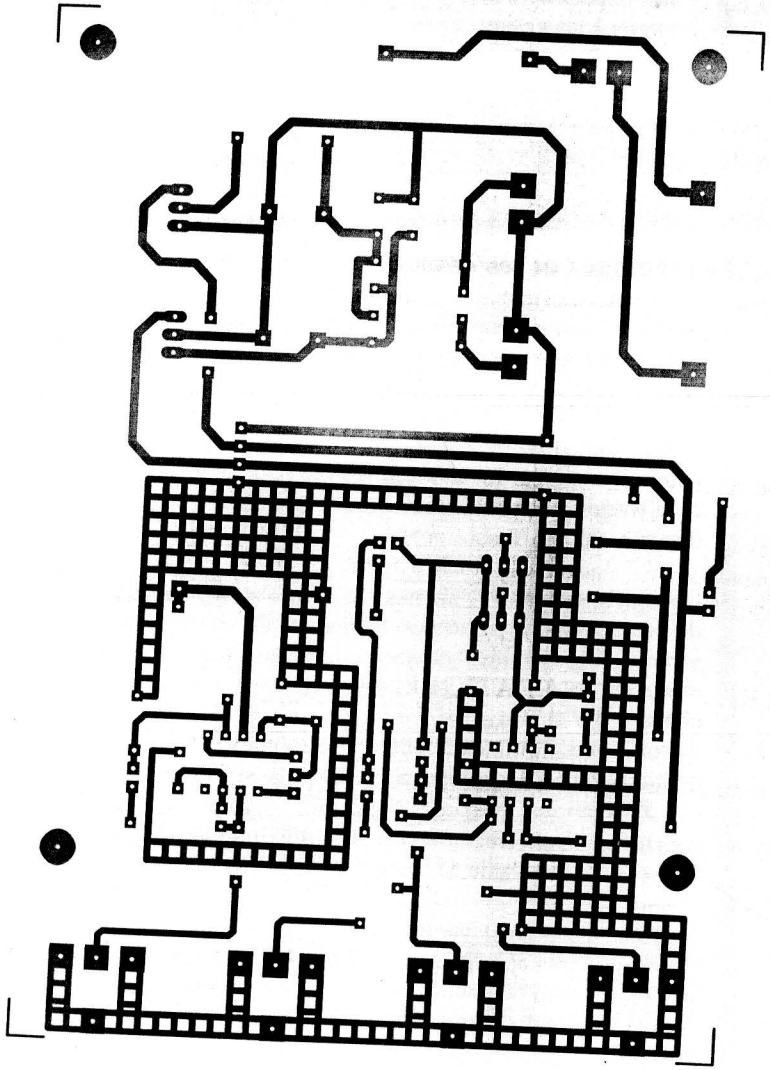
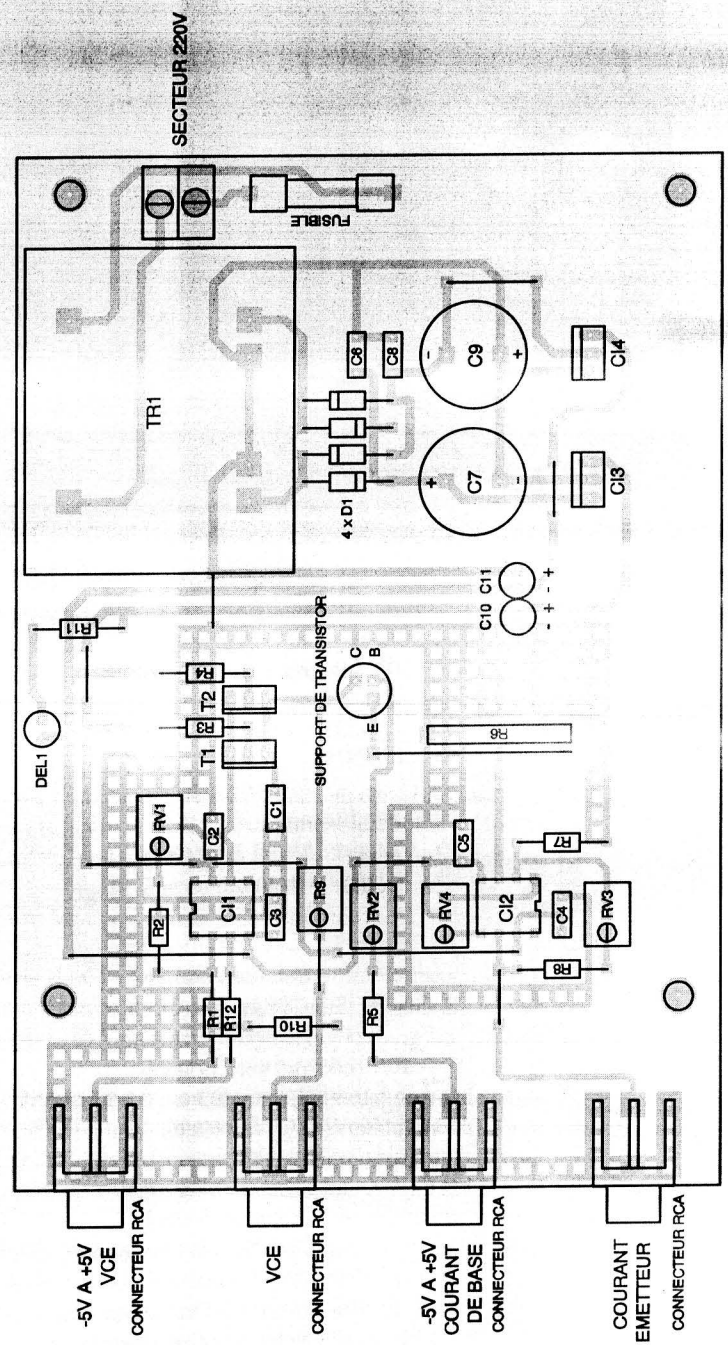
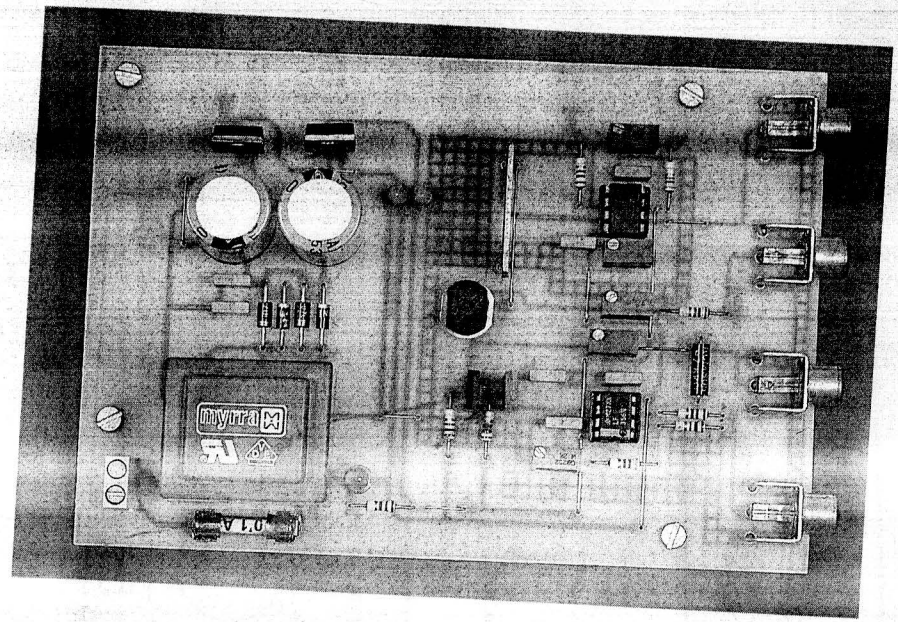


Figure 6.4.





Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1, CI_2 : LF356,
CI_3 : LM7815,
CI_4 : LM7915.

Semi-conducteurs :
D_1 : 4 diodes 1N4001 à 1N4007,
DEL : diode électroluminescente rouge.

Résistances :
R_1 : 10 kΩ (marron, noir, orange),
R_2 : 8,2 kΩ (gris, rouge, rouge),
R_3, R_4 : 10 Ω 1 W (marron, noir, noir),
R_5 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange),
R_6 : 1 Ω 1 W tolérance 0,5 % ou 0,1 %,
R_7 : 1 kΩ (marron, noir, rouge),
R_8 : 47 kΩ (jaune, violet, orange),
R_{10} : 91 kΩ (blanc, marron, orange),
R_{11} : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge),
RV_1 : résistance ajustable 2 kΩ multitours,
RV_2, RV_3 : résistance ajustable 4,7 kΩ multitours,
RV_4 : résistance ajustable 50 kΩ multitours,
R_9 : résistance ajustable 25 kΩ multitours.

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_8 : 100 nF,
C_7, C_9 : 1000 µF ou 1500 µF 40 V,
C_{10}, C_{11} : 10 µF 25 V.

Divers :
1 transformateur 2 x 15 V 5 VA moulé pour circuit imprimé,
2 supports pour circuit intégré 8 broches,
1 support pour transistor,
1 porte-fusible,
1 fusible rapide 250 mA,
4 connecteurs RCA femelle pour circuit imprimé,
1 bornier à vis à deux points.

Les réglages et les essais

Après les vérifications d'usage, et avant d'insérer les circuits intégrés sur leur support respectif, le montage sera mis sous tension, et l'on vérifiera les tensions d'alimentation. Si elles sont correctes, on placera les circuits et l'on réglera tout d'abord le gain de CI_1 en présentant à son entrée une tension de + 2 V. Par réglage de RV_1, on amènera sa tension de sortie à exactement le double de sa tension d'entrée, soit + 4 V.

On réglera ensuite RV_4 de manière à annuler toute tension de décalage qui pourrait éventuellement être présente en sortie de CI_2. On injectera ensuite une tension de + 0,1 V dans l'entrée de l'AOP, et RV_3 sera ajustée de manière à obtenir + 5 V en sortie. On pourra alors souder la résistance R6 sur le circuit imprimé. Celui-ci sera connecté à la platine multifonctions et l'on enverra l'instruction correspondante afin d'obtenir une tension V_{CE} approximative de + 4 V. On réglera R_9 de manière à obtenir en sortie du diviseur, une tension de valeur égale à la moitié de V_{CE}.

De la même manière, on enverra une seconde instruction afin de procéder au réglage du courant de base. Sur notre maquette, un courant de 25 µA est obtenu avec une tension de 1,20 V. On procédera à l'ajustage de RV_2 afin d'obtenir cette valeur.

CHAPITRE PAGE

6 Testeur de transistors NPN et PNP 87

7 OSCILLOSCOPE SUR ORDINATEUR PC

A - Cartes de base et alimentations 98
Introduction 98
Le schéma de principe de la carte de base à slots 101
La réalisation pratique 104
Le schéma de principe de la carte des alimentations 108
La réalisation pratique 109
B - La carte d'entrée à convertisseur AD 113
Le convertisseur UVC3130 113
Le schéma de principe de la carte d'entrée 115
La réalisation pratique 120
C - La carte horloge 123
Introduction 123
Le schéma de principe de la carte horloge 123
La réalisation pratique 127
D - La carte mémoire 132
Le schéma de principe de la carte mémoire 132
La mémoire statique 136
La réalisation pratique de la carte 136
E - La carte de contrôle 142
Le schéma de principe de la carte de contrôle 143
La réalisation pratique de la carte de contrôle 147

A - Cartes de base et alimentations

INTRODUCTION

Nous vous proposons, dans cette partie de notre ouvrage, la construction d'un système de mesures et de visualisation de tout signal dont la fréquence atteindra au maximum une fréquence de 25 kHz, la forme de ce signal pouvant être quelconque. Nous nous sommes limités à cette fréquence afin de simplifier la réalisation, mais nous donnerons en fin de chapitre les conseils nécessaires à ceux d'entre nos lecteurs qui voudraient augmenter la bande passante du circuit.

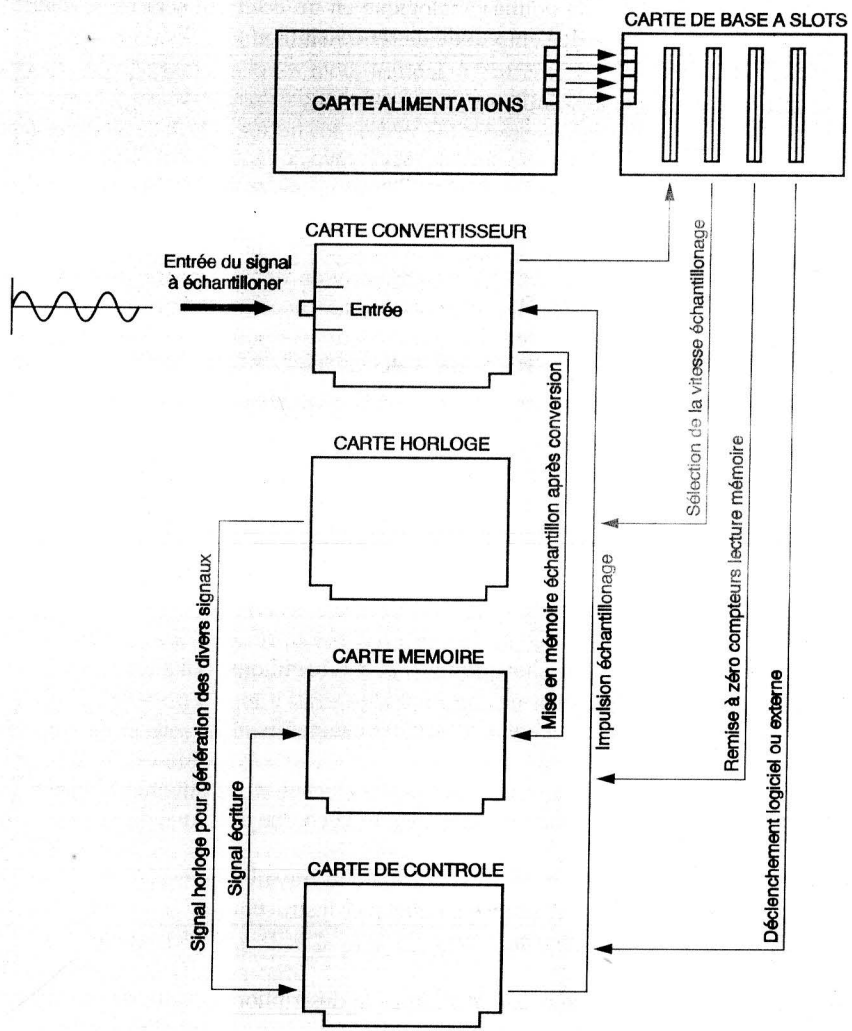
Dans plusieurs ouvrages et revues, il a déjà été proposé des montages remplissant le rôle d'un petit oscilloscope.

La plupart de ces publications ont en commun le fait que c'est l'ordinateur auquel ils sont connectés qui remplit toutes les fonctions : génération du signal (CLOCK) d'échantillonnage, mise en mémoire des échantillons à l'intérieur de tableaux, etc., autant d'opérations logicielles qui ralentissent le processus de mesure. Le problème rencontré, avec ce type de montages, c'est que la vitesse d'échantillonnage est directement fonction de la vitesse de l'ordinateur. Si l'on peut parvenir à de très bons résultats avec un PC AT fonctionnant au minimum à 40 MHz, et avec un programme en assembleur, il n'en va pas de même avec un PC XT fonctionnant à 8 MHz.

C'est pourquoi nous avons conçu ce montage qui fonctionne d'une manière indépendante par rapport à l'ordinateur, et avec un programme simplement écrit en QUICK BASIC. Des essais ont été également réalisés sur plusieurs micros dont le moins rapide était un vieil XT tournant à 4,77 MHz, c'est-à-dire une machine de la première génération. Mis à part un ralentissement obligatoire lors de l'affichage de la courbe sur l'écran, les résultats ont été identiques à ceux obtenus sur un AT 486 DX 33 MHz. Cette façon de procéder augmente très sensiblement le nombre de cartes, et par là même le nombre de composants. Mais nous pensons que le jeu en vaut la chandelle et que nos lecteurs ne regretteront pas la construction d'un tel système.

Le synoptique de l'oscilloscope est donné en figure 7.1. Celui-ci est composé de six cartes : la carte des alimentations,

Figure 7.1.



la carte de base à slots sur laquelle viendront s'enficher la carte d'entrée à convertisseur, la carte mémoire, la carte horloge, et la carte générant les signaux de contrôle de l'ensemble :

1. la carte d'entrée est chargée de convertir l'échantillon de la donnée analogique en un octet qui sera représentatif de l'amplitude de cet échantillon ;

2. la carte mémoire sera chargée de stocker ces octets ;

3. la carte horloge est chargée de produire les différentes fréquences d'échantillonnage qui seront choisies par logiciel ;

4. la carte de contrôle génère tous les signaux indispensables à la synchronisation des différentes opérations : signal de clock pour la carte convertisseur, signal d'écriture pour la carte mémoire ; pour se faire elle reçoit le signal d'horloge choisi.

Les seules opérations que l'ordinateur devra effectuer seront :

1. le déclenchement de la lecture du signal, si celui-ci est logiciel ;

2. le choix de la fréquence d'échantillonnage ;

3. le choix du nombre d'échantillons souhaités ;

4. la remise à zéro des compteurs ;

5. la lecture des octets stockés et le traitement logiciel de ceux-ci afin de tracer la courbe du signal d'entrée.

Comme on le constate, le travail alloué à l'ordinateur ne sera limité qu'à quelques instructions de sorties et d'entrées d'octets.

Nous commencerons la description de cette réalisation par la carte de base à slots et par la carte des alimentations.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE DE BASE A SLOTS

Le schéma de principe est donné en figure 7.2. Nous pouvons y reconnaître dans les grandes lignes, celui de la carte de base du système multifonctions analogiques.

Celui-ci nous donnant toute satisfaction, nous l'avons repris en y apportant quelques modifications. L'entrée des différents signaux en provenance de la carte de décodage des adresses s'effectue sur un connecteur DB25 broches femelle. L'adresse de base a été fixée à H30C, les trois précédentes étant occupées. Les lignes d'adresse A_0 et A_1 arrivent également à la carte et sont connectées aux deux entrées du décodeur démultiplexeur CI_2A. D'autre part, sa broche de validation G/ est reliée à la sortie de la porte OU CI_1A. Les deux entrées de cette porte reçoivent le signal de validation d'adresse H30C et le signal d'écriture IOWR/. Ainsi, CI_2A sera validé pour toute écriture aux adresses H30C, H30D, H30E et H30F. Trois de ces signaux devront présenter un créneau positif. C'est la fonction confiée au circuit CI_3 (inverseur 74LS04), dont trois des six portes sont utilisées. Nous avons également besoin d'un seul signal de lecture, ce qui est obtenu sur la sortie de la porte CI_1B, en connectant ses deux entrées au signal d'adresse H30C et au signal de lecture IORD/. A chaque demande de lecture de l'ordinateur, la sortie de CI_1B passera au niveau bas afin de valider les circuits suivants. Tous ces signaux sont distribués sur quatre slots à 31 points. Ces slots seront également utilisés afin que les cartes qui y seront placées puissent communiquer entre elles. Le bus de données (DO à D_7) en provenance du micro-ordinateur est évidemment disponible sur ces connecteurs. Trois condensateurs de 100 nF découplent l'alimentation de chaque circuit intégré, et une capacité plus importante de 47 mF est placée entre le + 5 V et la masse afin de parfaire le filtrage.

Trois diodes DEL signalent la présence des tensions + 5 V, + 12 V et –12 V sur la carte.

Figure 7.2.

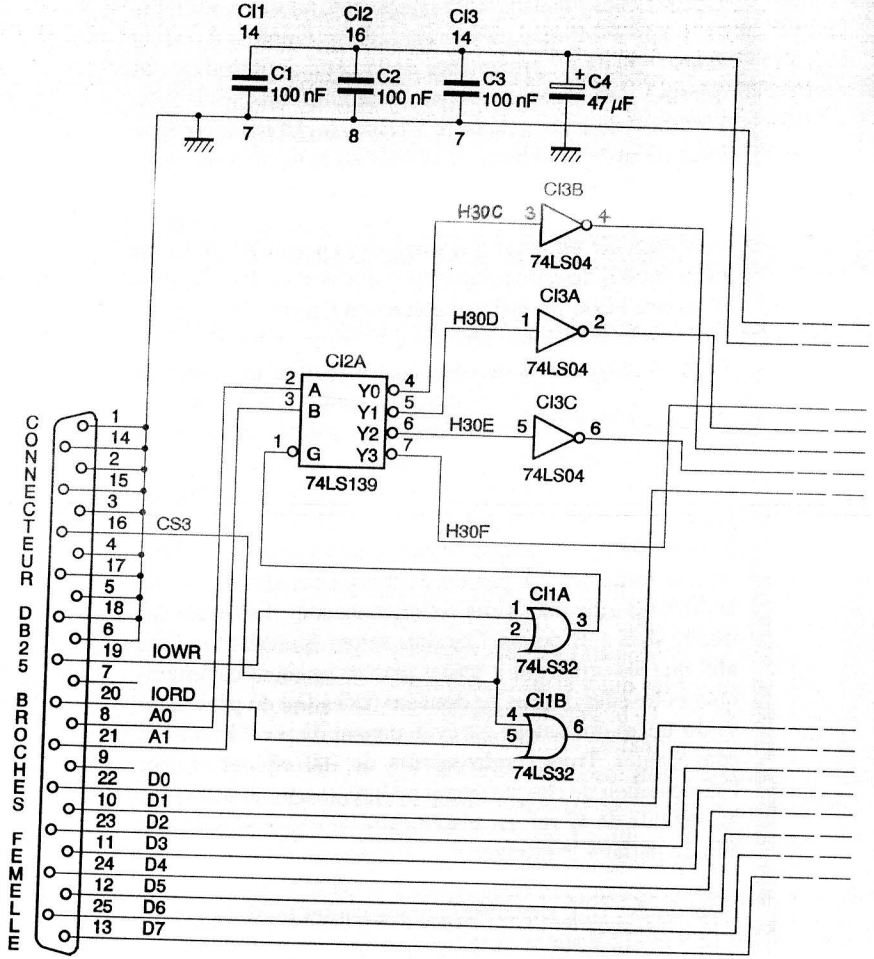
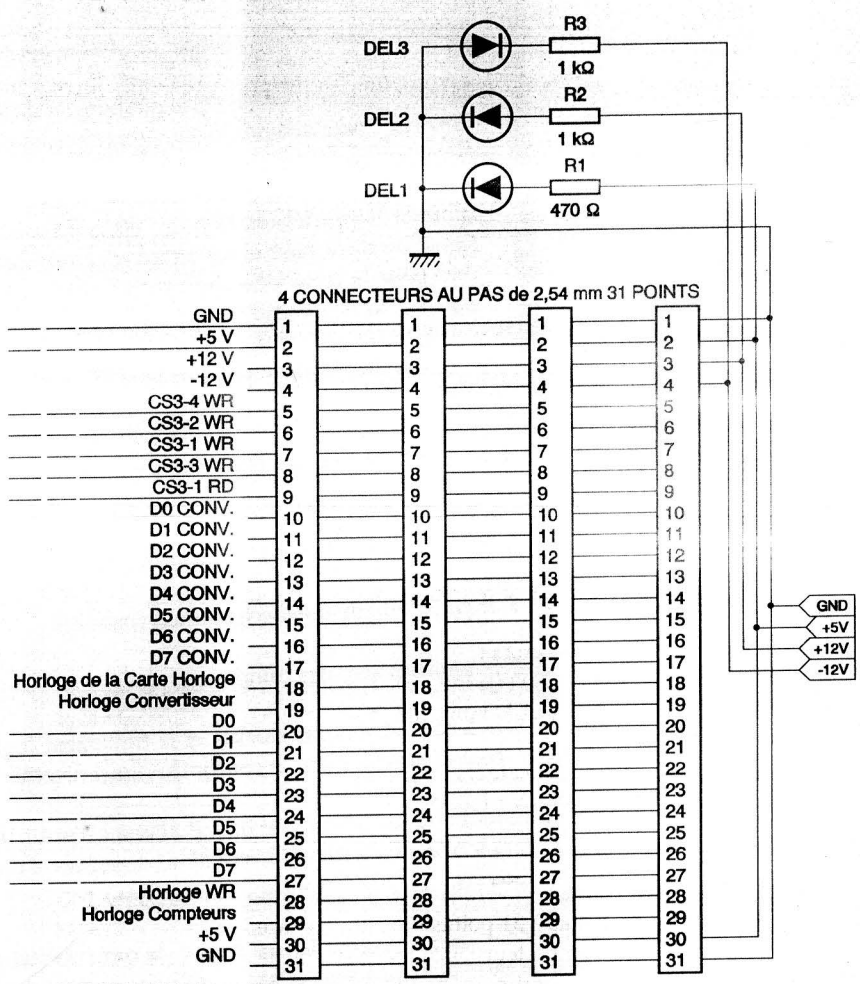


figure 7.2.



LA RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 7.3. On utilisera le dessin d'implantation de la figure 7.4 afin de câbler la platine. Les tensions alimentant l'ensemble seront amener à l'aide d'un bornier à vis à quatre points.

Les circuits intégrés seront placés sur des supports. Les slots seront de type double face (deux rangées de contacts opposés). Les trous qui seront pratiqués dans le circuit imprimé pour le passage des broches de ces connecteurs seront de diamètre 1 mm ce qui facilitera leur mise en place.

Liste des composants

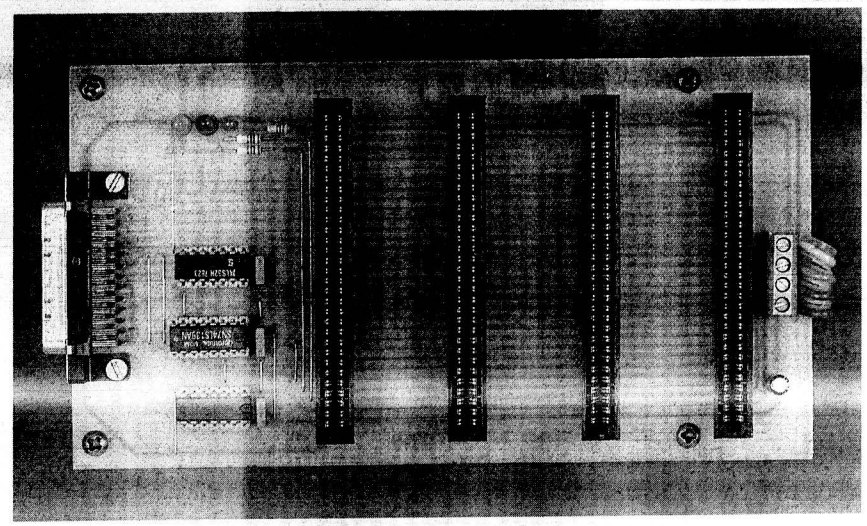
Circuits intégrés :
CI_1 : 74LS32,
CI_2 : 74LS139,
CI_3 : 74LS04.

Semi-conducteurs :
DEL_1, DEL_2, DEL_3 : diodes électroluminescentes de couleurs différentes.

Résistances :
R_1 : 470 Ω (jaune, violet, marron),
R_2, R_3 : 1 kΩ (marron, noir, rouge).

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3 : 100 nF,
C_4 : 47 µF 16 V radial.

Divers :
4 slots à 31 points type double face,
1 connecteur DB25 broches femelle,
1 support pour circuit intégré 16 broches,
2 supports pour circuit intégré 14 broches,
1 bornier à vis à 4 points.



Les essais

La câblage de la carte contrôlé, on pourra la connecter à la carte de décodage des adresses. Après la mise sous tension, on entrera le petit programme ci-dessous, puis on en lancera l'exécution afin de vérifier que tout se passe correctement pour les opérations d'écriture :

```
REM test de la carte de base oscilloscope
REM adresse de base H30C
DO
OUT &H30C, 0
SLEEP 2
OUT &H30D, 0
SLEEP 2
OUT &H30E, 0
SLEEP 2
OUT &H30F, 0
SLEEP 2
LOOP : REM "CTRL + PAUSE" pour sortir
```

On connectera une sonde logique configurée en détectrice d'impulsions aux sorties 4, 2 et 6 de CI_3, ainsi qu'à la sortie 7 de CI_2. On devra obtenir de brefs signaux signalés par la sonde. On vérifiera également que les différentes lignes de données passent à 0 un court instant.

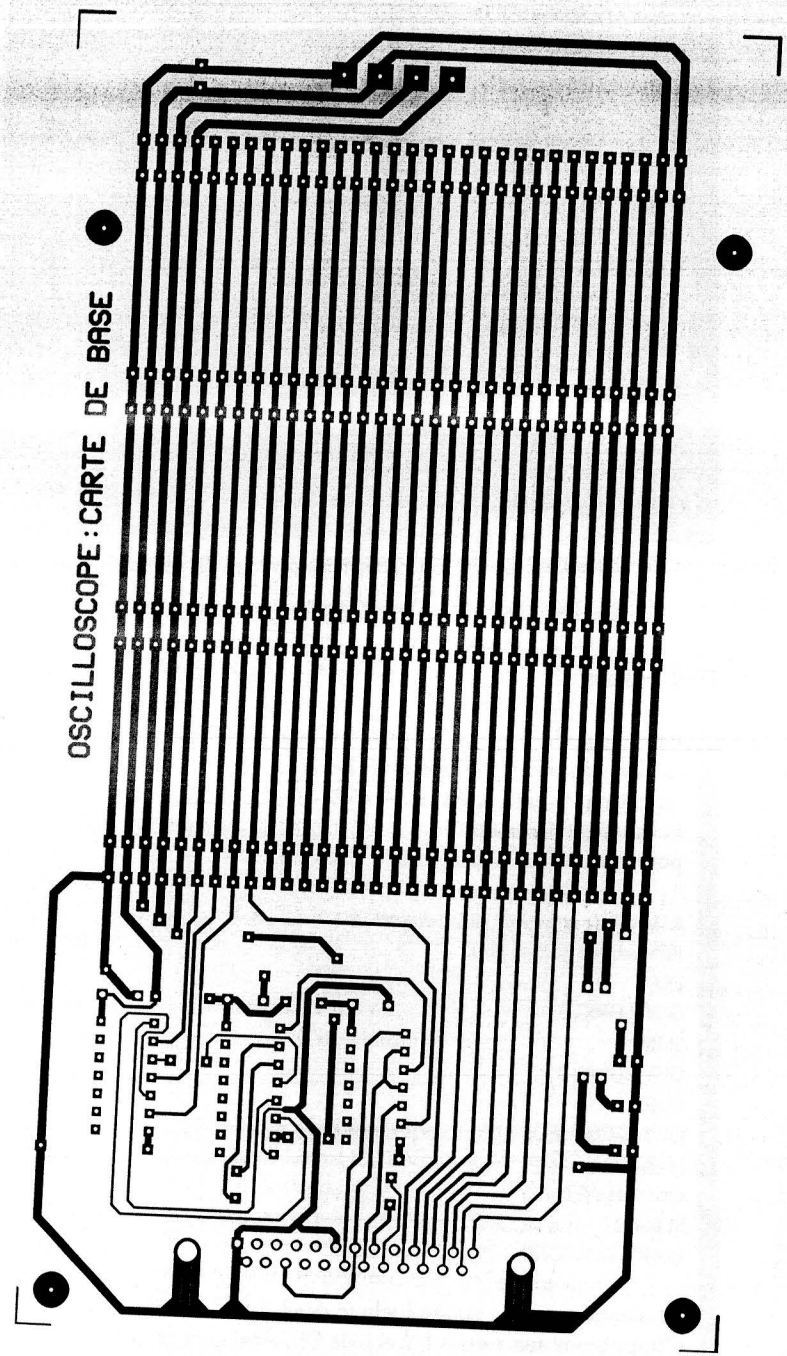


Figure 7.3.

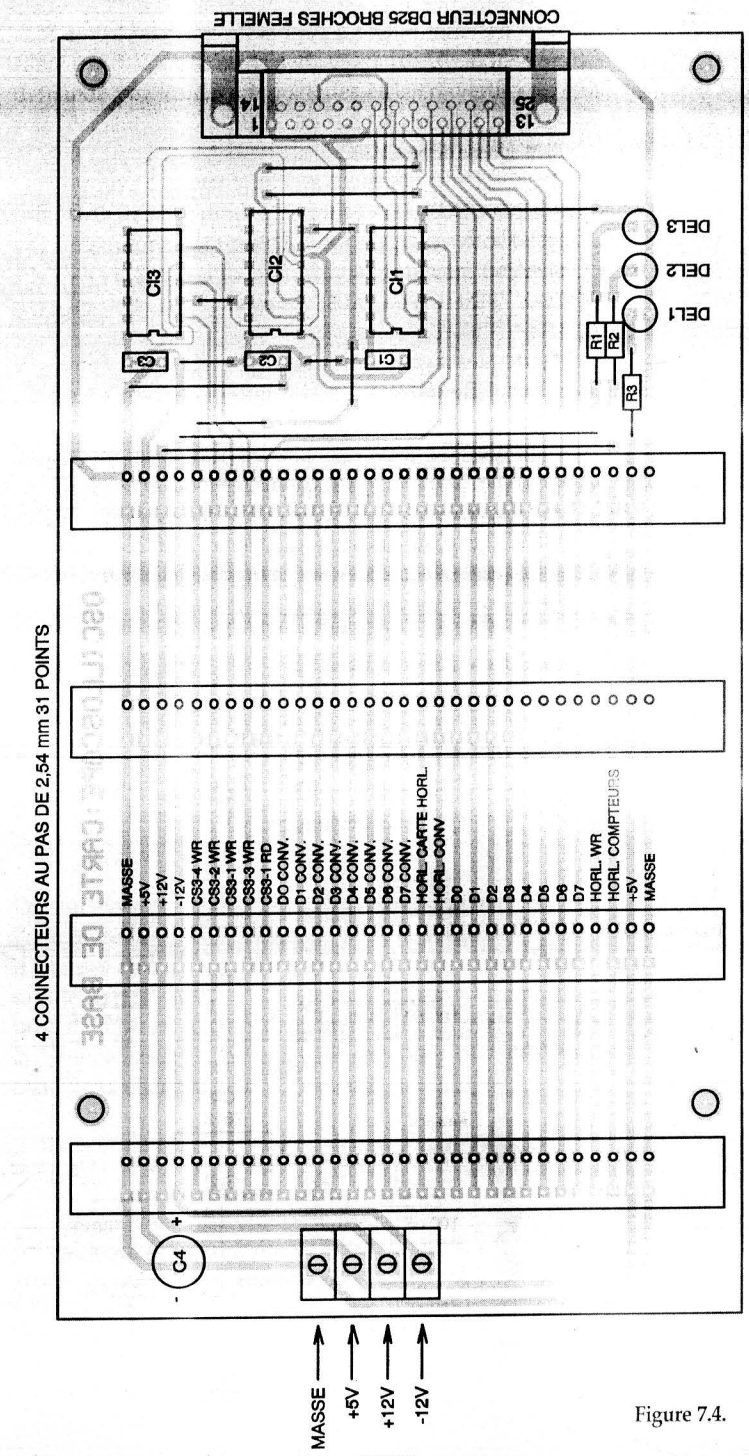


Figure 7.4.

Le programme suivant permet de constater le bon fonctionnement des instructions de lecture :

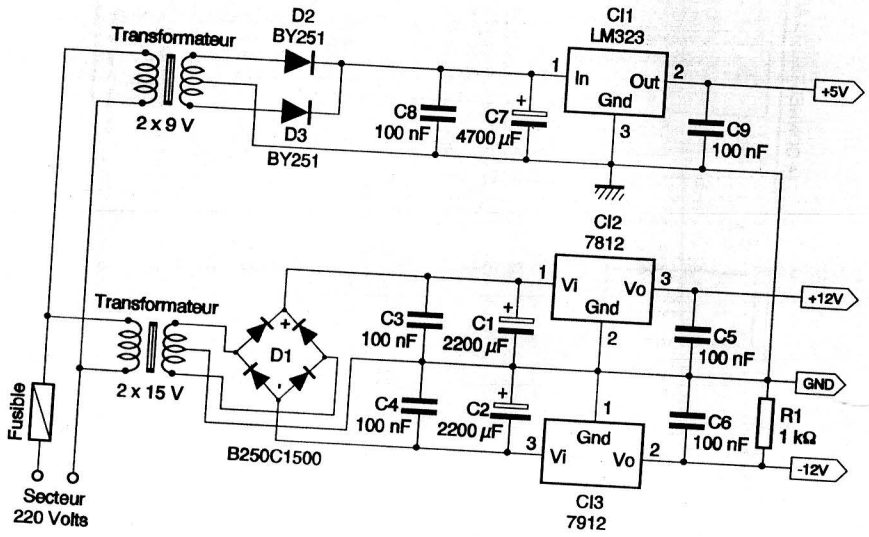
```
REM test de la carte de base oscilloscope
REM adresse de base H30C
DO
A = INP(&H30C)
PRINT A
SLEEP 1
LOOP : REM "CTRL + PAUSE" pour sortir
```

Toutes les lignes de données laissées non connectées, le résultat devra être de 255. En connectant à tour de rôle chaque ligne à la masse, on obtiendra un résultat égal à 255 diminuer de la valeur du bit mis à la masse. Si, par exemple, la ligne D_0 est connectée à GND, le chiffre obtenu sur l'écran sera 254 (255 – 1) ; si c'est la ligne D_5 qui est mise au niveau bas, le résultat sera 239 (255 – 16).

LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE DES ALIMENTATIONS

Le schéma de principe de cette carte est donné en figure 7.5. Il ne diffère que de très peu de celui de l'alimentation des cartes analogiques. On peut difficilement innover en matière

Figure 7.5.



d'alimentations ! Le régulateur de tension LM7805 produisant le + 5 V a été remplacé ici par un LM323, le courant demandé par les circuits logiques et le convertisseur étant relativement important.

On retrouve l'alimentation en alternatif par les classiques transformateurs à double enroulements, et le redressement par deux diodes pour le 9 V et par quatre diodes pour le 2 x 15 V, le point milieu des transformateurs faisant office dans les deux cas de masse.

Un fusible protège les transformateurs sur la ligne secteur. Différents condensateurs chimiques et MKT filtrent les tensions continues.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé et celui de l'implantation des composants sont donnés respectivement aux figures 7.6 et 7.7.

Les dimensions de ce circuit sont les mêmes que celles de la carte de base de l'oscilloscope, afin de pouvoir les superposer exactement. CI_1 sera fixé sur un petit dissipateur pour boîtier TO_3 ; CI_2 et CI_3 seront munis de petits dissipateurs à ailettes pour boîtier TO220. Les gros condensateurs de filtrage seront de type radial.

On retrouve également les inévitables borniers à vis pour l'entrée de la tension secteur et pour la sortie des tensions continues ainsi que de la masse. Le fusible sera un modèle rapide de 250 mA. Le câblage de la platine achevé, on se procurera les entretoises de hauteur suffisante, et l'on fixera la carte de base avec celle des alimentations, la carte de base étant naturellement celle du dessus.

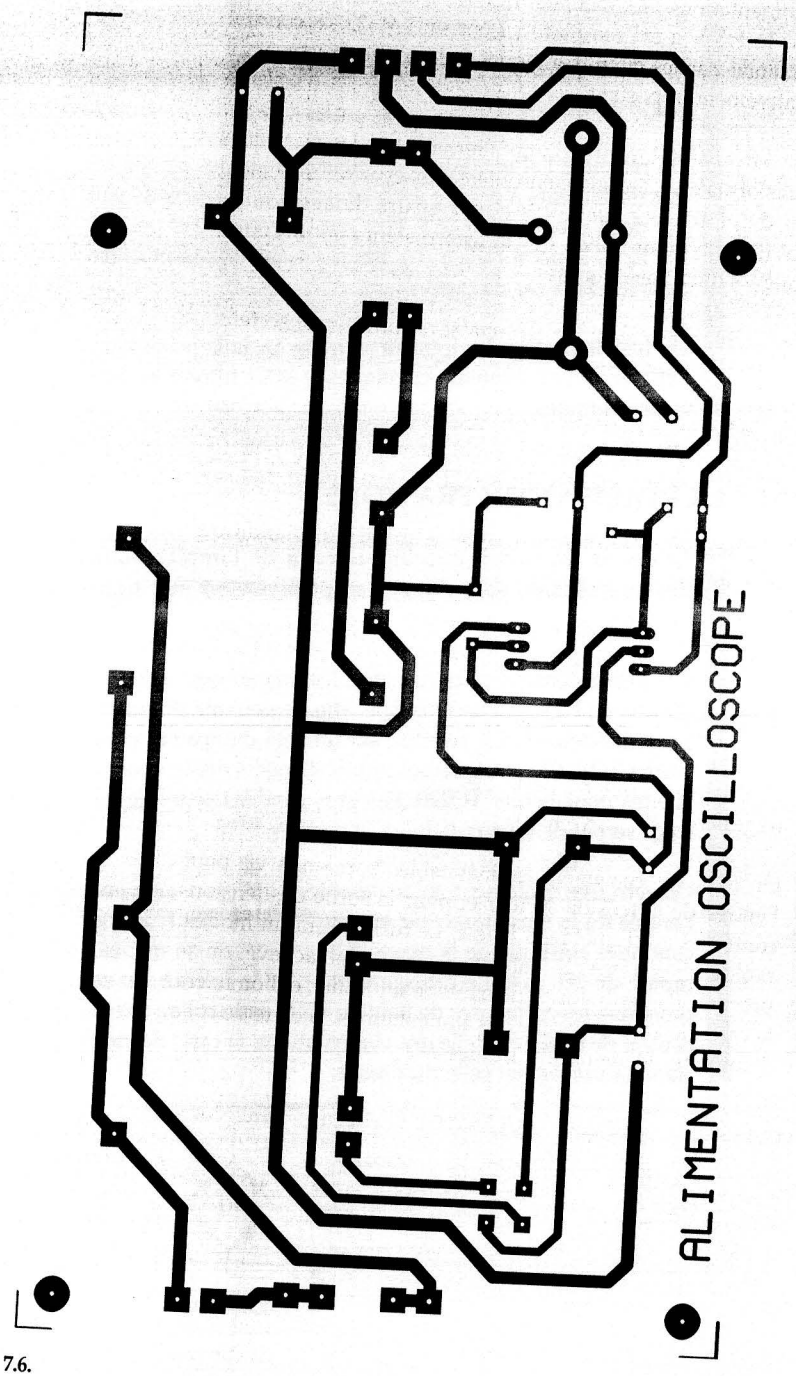


Figure 7.6.

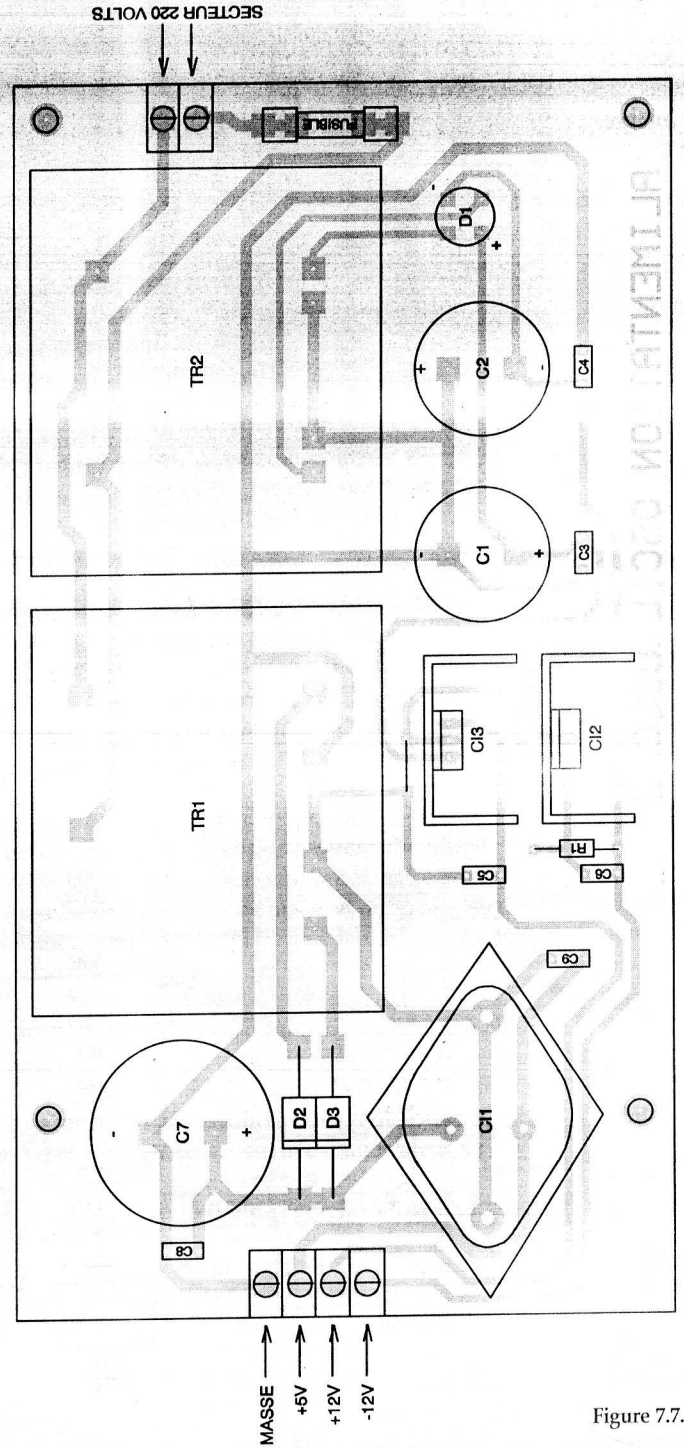


Figure 7.7.

Liste des composants

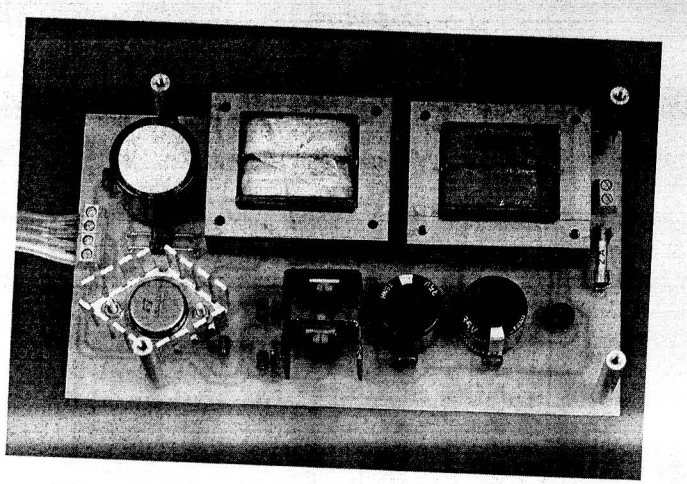
Circuits intégrés :
CI_1 : LM323,
CI_2 : LM7812,
CI_3 : LM7912.

Semi-conducteurs :
D_1 : pont de redressement B250C1500,
D_2, D_3 : BY251.

Résistances :
R_1 : 1 kΩ (marron, noir, rouge).

Condensateurs :
C_1, C_2 : 2200 µF 35 V radial,
C_3, C_4, C_5, C_6, C_8, C_9 : 100 nF,
C_7 : 4700 µF 35 V.

Divers :
1 transformateur 2X9 V 25VA pour circuit imprimé,
1 transformateur 2X15 V 15 VA pour circuit imprimé,
1 porte fusible pour circuit imprimé,
1 fusible rapide 250 mA,
3 borniers à vis à 2 points,
4 entretoises avec vis, rondelles et écrous.



Les essais

Ils se limiteront à vérifier le câblage puis à mettre la platine sous tension. On constatera la présence des tensions nécessaires (+ 5 V, + 12 V, – 12 V). On pourra alors relier les sorties des tensions aux entrées sur la carte de base, à l'aide de fil de câblage de moyenne section.

Ceci achevé, nous allons maintenant pouvoir passer à la réalisation des cartes suivantes.

B - La carte d'entrée à convertisseur AD

LE CONVERTISSEUR UVC3130

Afin de pouvoir échantillonner le signal analogique à une fréquence élevée, il a fallu faire appel à un convertisseur rapide. Celui que nous avons choisi, car facilement disponible, est un composant fabriqué par ITT Semiconductors. C'est le UVC3130, dont les caractéristiques sont excellentes.

Le schéma interne du circuit est donné en figure 7.8. Le UVC3130 contient :

1. un convertisseur AD 8 bits rapide de type flash pouvant fonctionner à une fréquence de 30 MHz ;
2. un convertisseur DA 10 bits rapide, fonctionnant avec un réseau R-2R et commutations de sources de courant ;
3. un buffer d'entrée qui possède une haute impédance ;
4. une référence de tension ;
5. un préamplificateur de sortie.

Ce circuit a été surtout développé pour les applications vidéo, ce qui explique sa vitesse de fonctionnement élevée.

Le buffer d'entrée présente une impédance de 20 MΩ à une fréquence d'entrée de 1 kHz et 100 kΩ à une fréquence de 10 MHz.

Toutes les sorties et entrées des convertisseurs AD et DA sont compatibles TTL. La tension de référence est générée en interne, mais les broches de masse et de tension sont disponibles sur le boîtier, ce qui permet la mise en place d'un condensateur de filtrage.

Le convertisseur DA possède également sa propre tension de référence. Il est connecté sur un préamplificateur de sortie qui peut être commuté. Le boîtier de l'UVC3130 possède plusieurs broches d'alimentation + 5 V et de masse. Il nécessite également une tension négative d'une valeur de – 5 V :

broche 1 : alimentation + 5 V de l'amplificateur de sortie du convertisseur DA (buffer) ;

broche 3 : alimentation – 5 V de la partie analogique du convertisseur DA ;

broche 14 : alimentation + 5 V de la partie digitale du convertisseur DA ;

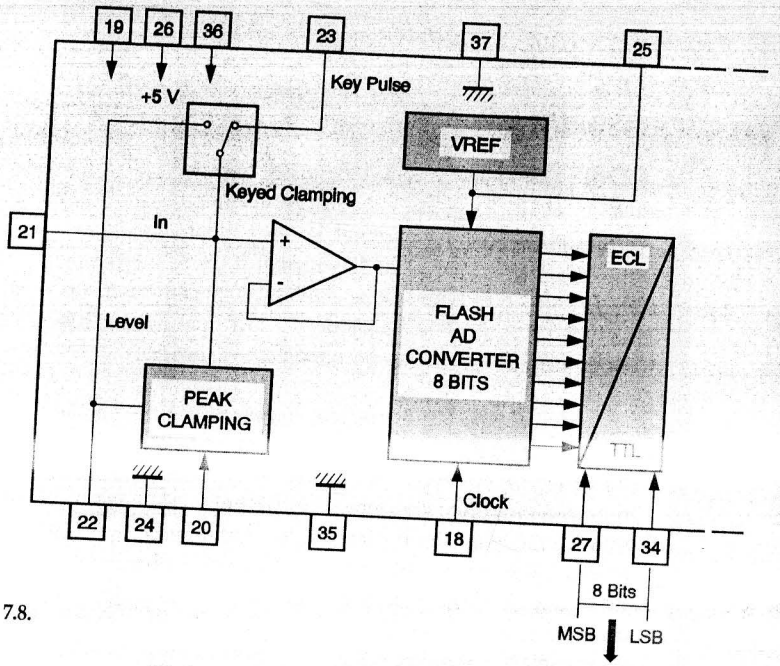


Figure 7.8.

broche 16 : masse du convertisseur DA et de l'horloge ;

broche 17 : alimentation – 5 V de la partie analogique du convertisseur AD ;

broche 19 : alimentation + 5 V de l'amplificateur d'entrée et de la tension de référence du convertisseur A ;

broche 24 : masse de la partie analogique du convertisseur A ;

broche 26 : alimentation + 5 V de la partie digitale du convertisseur A ;

broche 36 : alimentation + 5 V de la partie analogique du convertisseur A ;

broche 37 : masse de la tension de référence du convertisseur A ;

broche 40 : alimentation + 5 V de l'amplificateur de sortie du convertisseur DA (amplificateur ;

broche 21 : entrée du signal à échantillonne ;

broches 27 à 34 : lignes DO à D_7 de sortie du convertisseur AD.

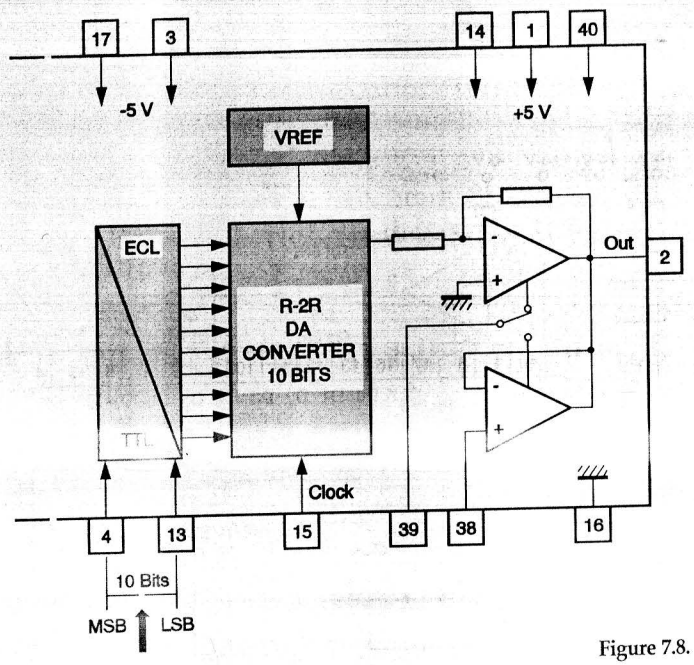


Figure 7.8.

Le diagramme de la figure 7.9 nous montre le processus de conversion AD et nous indique également les temps minimums nécessaires à la prise en compte d'un échantillon.

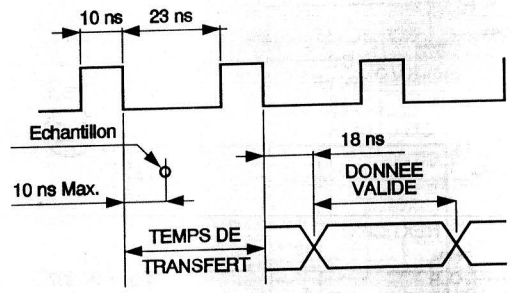


Figure 7.9.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE D'ENTRÉE

Le schéma de principe est donné en figure 7.10. Il comporte trois parties principales : l'étage d'entrée, le convertisseur et la logique de commande.

Figure 7.10.

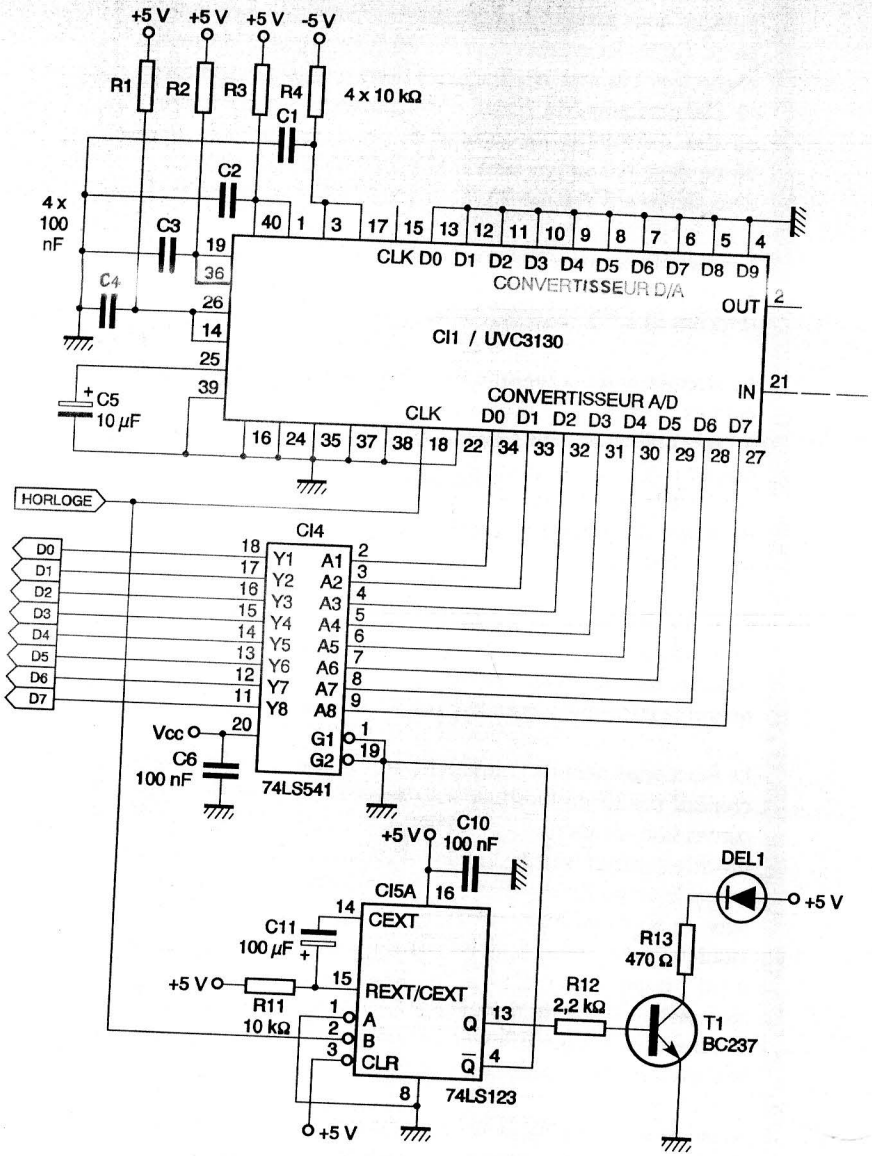
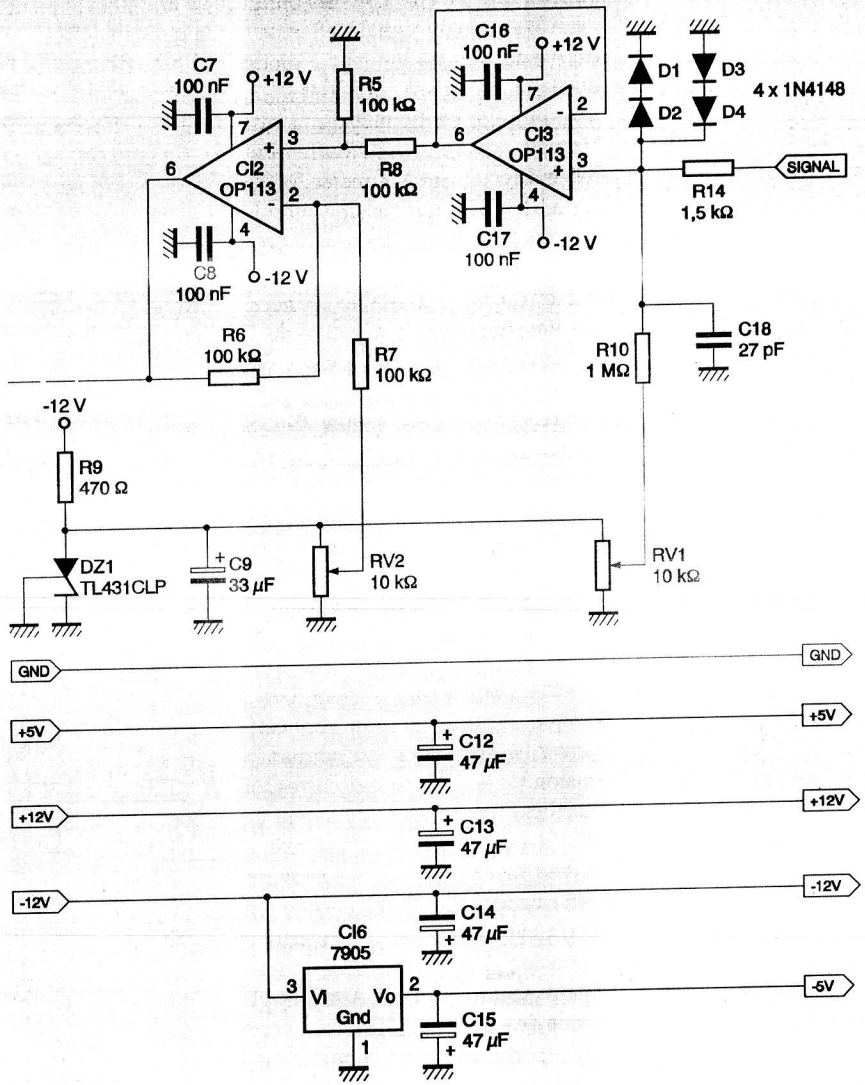


Figure 7.10.



L'étage d'entrée est composé de deux amplificateurs opérationnels, CI_2 et CI_3, de type OP113. Ils ont été choisis pour leur faible tension d'offset (150 µV), leur bande passante de 3 MHz et leur faible dérive en température (0,2 µV/°C). Le premier d'entre eux, CI_3, est configuré en amplificateur suiveur. L'entrée du signal s'effectue sur la résistance R14. On trouve ensuite un limiteur à diodes qui limite l'amplitude du signal d'entrée à + 1,2 V et – 1,2 V. On remarque le montage peu conventionnel de la résistance R_{10} déterminant l'impédance d'entrée du buffer. En effet, lorsque celle-ci est reliée directement à la masse, on se trouve en présence à la sortie de CI_3 d'une tension indésirable d'environ 200 mV, due en grande partie à la haute impédance d'entrée de l'amplificateur. En connectant la résistance R_{10} au curseur d'une résistance ajustable connectée entre la masse et une tension de référence négative de 1 V, on annule cette tension et tout rentre dans l'ordre. Nous aurions pu également laisser cela dans l'état, puisque le fait de connecter à l'entrée de l'oscilloscope une source de signaux d'impédance plus faible annule automatiquement cette tension continue non souhaitée.

La présence du second amplificateur opérationnel CI_2 a été rendue indispensable par le fait que le convertisseur UVC3130 n'accepte pas les tensions négatives. Il n'accepte que les tensions positives d'un maximum de 2 V. Nous avons résolu ce petit problème en superposant au signal d'entrée une tension d'offset d'un niveau de + 1 V. Ainsi, lorsque l'entrée ne sera connectée à aucune source, le convertisseur recevra en permanence sur son entrée cette tension de + 1 V, ce qui correspondra au niveau 0 V de l'oscilloscope. L'octet équivalent aura alors une valeur de 127. Si l'entrée reçoit une tension de + 1 V, l'entrée du convertisseur verra alors un niveau de + 2 V, et l'octet de sortie vaudra 255. Enfin, si une tension négative de – 1 V est présente en entrée, le convertisseur reçoit un niveau nul, la tension d'offset annulant la tension d'entrée. La sortie binaire vaudra alors 0. Ainsi, la plage de tension d'entrée s'étale de – 1 V à + 1 V et nous verrons à la fin de cette première partie comment la porter à – 10 V et + 10 V.

L'amplificateur opérationnel CI_2 reçoit donc le signal d'entrée sur son entrée non inverseuse. Son entrée inverseuse est soumise à une tension de référence provenant de la diode zéner DZ_1, et qui produit une tension négative. La résistance ajustable RV_2 permet de régler cette tension à exactement – 1 V. Cette tension doit bien évidemment être

stabilisée et filtrée, ce qui est effectuée par la capacité C_9, d'une valeur de 33 µF.

Le convertisseur ne nécessite que quelques explications puisque nous avons vu plus haut son mode de fonctionnement. Toutes les entrées digitales du convertisseur DA sont connectées à la masse, puisque ce dernier ne sera pas utilisé. L'alimentation du circuit a été soignée, dans la mesure où des résistances de filtrage et des condensateurs de découplage relient les différents points d'alimentation aux deux lignes + 5 V et – 5 V.

L'entrée du signal s'effectue sur la broche 21, et l'octet de sortie sera présent sur les broches de sortie D_0 à D_7 (broches 34 à 27).

La circuiterie de la logique de commande se limite à deux circuits intégrés et un transistor. Le signal d'horloge destiné à l'échantillonnage du signal d'entrée est également appliqué à l'entrée de déclenchement d'un monostable redéclenchable, CI_5, un 74LS123. La sortie Q de ce dernier commande la base du transistor T_1 qui est utilisé pour l'alimentation de la diode DEL_1.

La sortie Q/ est utilisée pour la validation d'un amplificateur tampon, CI_4, un 74LS541. Ce dernier est utilisé pour isoler le bus du convertisseur du bus de la carte de base, quand le micro ne demande pas d'échantillonnage.

Le fonctionnement de l'ensemble est le suivant : au premier créneau positif de l'horloge que reçoit le convertisseur, la conversion s'effectue et les données sont présentes aux broches correspondantes quelques ns après ; dans le même temps le monostable s'enclenche et valide la sortie des données en appliquant un niveau bas sur les deux entrées de validation du circuit tampon ; le transistor devient également passant et signale que le processus de prise de mesures est en cours de déroulement. La constante de temps du monostable doit être suffisamment élevée pour que la bascule reste enclenchée entre deux créneaux de l'horloge.

Ainsi, comme nous le verrons dans les autres parties de ce chapitre, il y a une possibilité de générer le signal d'horloge par logiciel, pour la mesure de signaux à variation extrêmement lente (période de 1 *s* ou plus). Dans ce cas, il faudra certainement augmenter la valeur de la capacité C_{11} ou celle de la résistance R_{11}.

Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 : UVC3130 (ITT SEMICONDUCTORS),
CI_2, CI_3 : OP113 (ANALOG DEVICES),
CI_4 : 74HCT541,
CI_5 : 74LS123,
CI_6 : LM79L05 boîtier TO92 (100 mA).

Semi-conducteurs :
T_1 : BC237,
D_1, D_2, D_3,
D_4 : 1N4148,
DZ_1 : TL431CLP,
DEL_1 : diodes électroluminescente rouge.

Quatre tensions sont nécessaires au fonctionnement de cette carte. Trois sont prélevées sur la carte de base : le + 5 V, le + 12 V et le – 12 V. La dernière est produite à l'aide d'un régulateur de tension de type LM7905, à partir de la ligne – 12 V. Outre les condensateurs de découplage de 100 nF placés au plus près des circuits intégrés, quatre capacités de 47 µF découplent les lignes d'alimentation à leur entrée sur la platine.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 7.11. Celui du schéma d'implantation est représenté en figure 7.12.

Il n'y a rien de spécial à signaler à propos du câblage de cette carte, si ce n'est les deux straps sous le circuit convertisseur qu'il ne faudra pas omettre de câbler, et les résistances R_{10} et R_{14} qui seront placées verticalement en entrée du circuit.

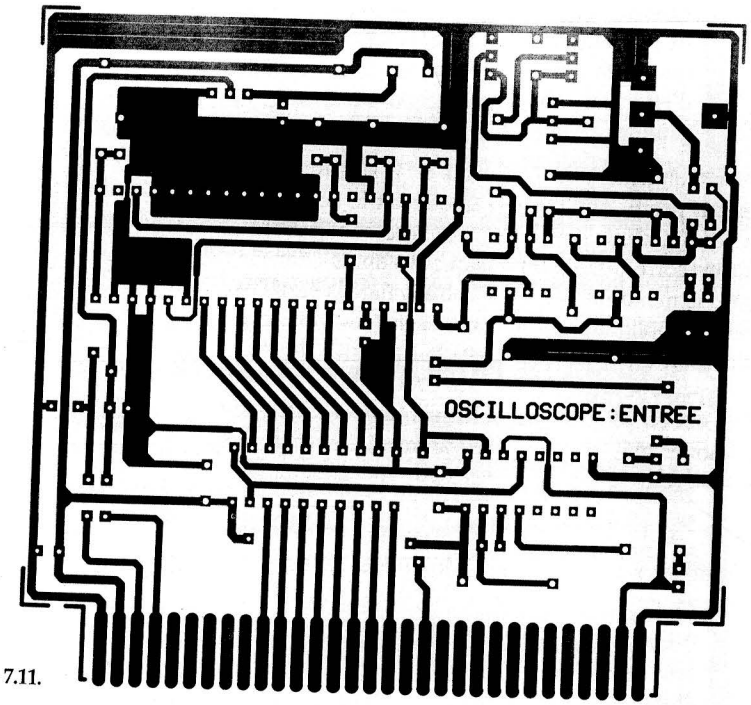


Figure 7.11.

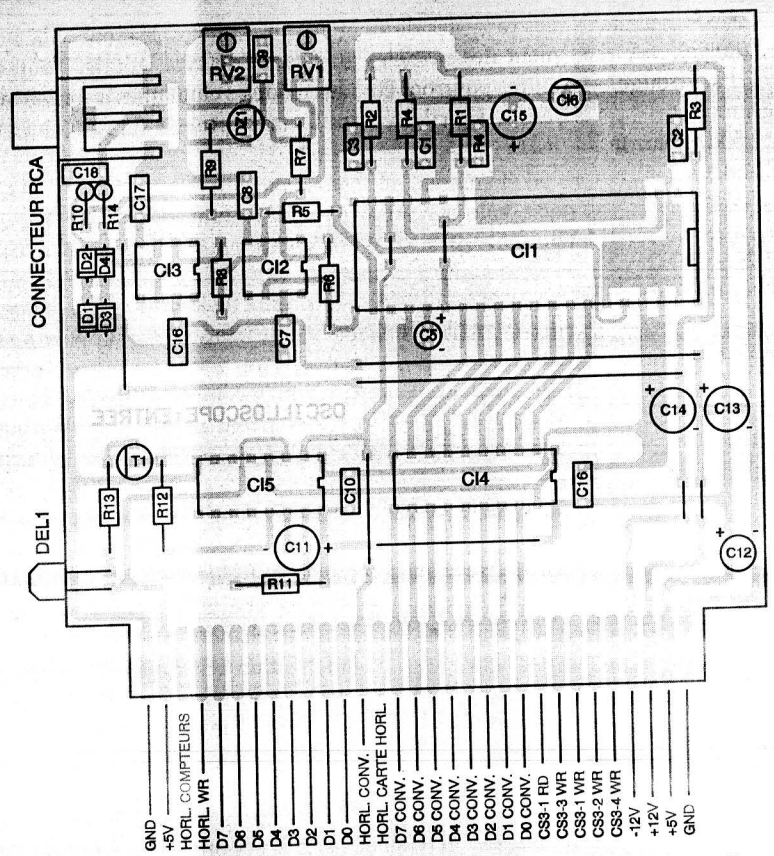
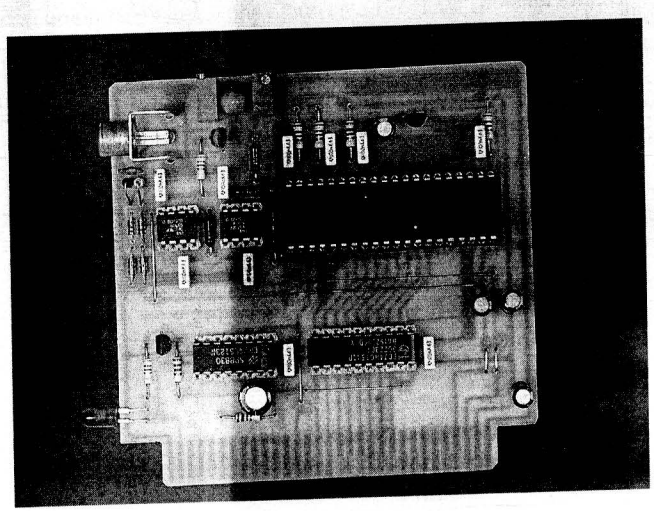


Figure 7.12.



Résistances :
R_1, R_2, R_3, R_4 : 10 Ω (marron, noir, noir),
R_5, R_6, R_7, R_8 : 100 kΩ tolérance 0,1% (marron, noir, jaune),
R_9, R_{13} : 1 Ω (jaune, violet, marron),
R_{10} : 1 MΩ (marron, noir, vert),

R_{11} : 10 kΩ (marron, noir, orange),
R_{12} : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge),
R_{14} : 1,5 kΩ (marron, vert, rouge),
RV_1, RV_2 : résistances ajustables 10 kΩ multitours.

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3, C_4, C_6, C_7, C_8, C_{10}, C_{16}, C_{17} : 100 nF,
C_5 : 10 µF 16 V tantale boule,
C_9 : 33 µF 16 V tantale boule,
C_{11} : 100 µF 16 V,
C_{12}, C_{13}, C_{14},
C_{15} : 47 µF 16 V,
C_{18} : 27 pF.

Divers :
1 support pour circuit intégré 40 broches,
2 supports pour circuit intégré 8 broches,
1 support pour circuit intégré 20 broches,
1 support pour circuit intégré 16 broches,
1 connecteur RCA femelle pour circuit imprimé.

Les capacités de 10 µF (C_5) et 33 µF (C_9) seront obligatoirement des modèles au tantale de type goutte. Toutes les autres pourront être des modèles chimiques à sorties radiales. Le signal à échantillonner est reçu sur un connecteur RCA.

Les réglages et les essais

La carte sera insérée sur un slot de la platine de base, avant d'y avoir placé les circuits intégrés sur leur support. Le tout sera mis sous tension et l'on vérifiera les potentiels à chaque point d'alimentation, y compris la tension de – 5 V issue de CI_6. Les circuits pourront alors trouver leur place, après avoir, bien évidemment, coupé l'alimentation.

Le premier réglage consistera à ajuster exactement la tension de référence de – 1 V. Cette tension devra probablement être réajustée par la suite, le circuit UVC3130 dont nous disposions présentant une tension de référence de + 2,1 V. Il y a donc de fortes chances pour que ces circuits présentent des fluctuations d'un échantillon par rapport à un autre. Dans tous les cas, la tension V_{REF} issue de la diode zéner de référence devra être réglée à la moitié de la tension V_{REF} du convertisseur.

On contrôlera ensuite la tension présente en sortie de CI_3, et qui doit avoisiner les 200 mV. Il faudra vérifier qu'en portant l'entrée à la masse, cette tension devient nulle. Ensuite, à l'aide de la résistance ajustable RV_1, on annulera cette tension.

Les essais ne pourront avoir lieu immédiatement. Il faudra, en effet, que toutes les cartes soient présentes pour qu'ils puissent se dérouler normalement.

C - La carte horloge

INTRODUCTION

Afin de cadencer le fonctionnement de l'ensemble du système, un signal d'horloge est nécessaire. De plus, selon la fréquence du signal d'entrée que l'on doit échantillonner, ou si l'on désire obtenir plus de détails sur une courbe, cette fréquence devra être plus ou moins haute. On devra donc pouvoir procéder à un changement de cette fréquence d'échantillonnage, ce qui sera fait par logiciel. La carte devra également permettre l'utilisation d'une base de temps externe, et comme nous en avions parlé, donner la possibilité de l'échantillonnage d'un signal à variations d'amplitude extrêmement lentes, tels celles des capteurs de température. Nous avons donc prévu une entrée pour une horloge externe, et la possibilité de générer les créneaux par logiciel, ce qui permettra, dans ce dernier cas, d'espacer les prises d'échantillon de quelques dixièmes à plusieurs dizaines de secondes d'intervalle.

Si à notre carte horloge est couplée une base de temps externe, le choix de la fréquence de sortie de cette dernière ne pourra être effectué par la logique de la carte horloge, ce qui est facilement compréhensible. Cependant, plutôt que d'effectuer une commutation manuelle des différentes gammes, ce qui est toujours possible, il serait plus rationnel de faire effectuer ces commutations par la carte 32 entrées-sorties que nous avons réalisée dans le chapitre 3. Ainsi quelques instructions ajoutées au logiciel de base rendront automatiques toutes ces opérations. Voilà encore une application possible de cette carte d'entrées-sorties !

LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE HORLOGE

Le schéma de principe est représenté en figure 7.13. Il apparaît quelque peu touffu étant donné le nombre de circuits logiques nécessaires à la division de fréquence, mais il est en fait d'une grande simplicité de fonctionnement.

La fréquence de base est générée par un oscillateur intégré dont la fréquence a été choisie ici de 20 MHz. Elle pourra être portée sans problème à 10 MHz, ce qui permettra d'obtenir toutes les fréquences inscrites sur le schéma divi-

Figure 7.13.

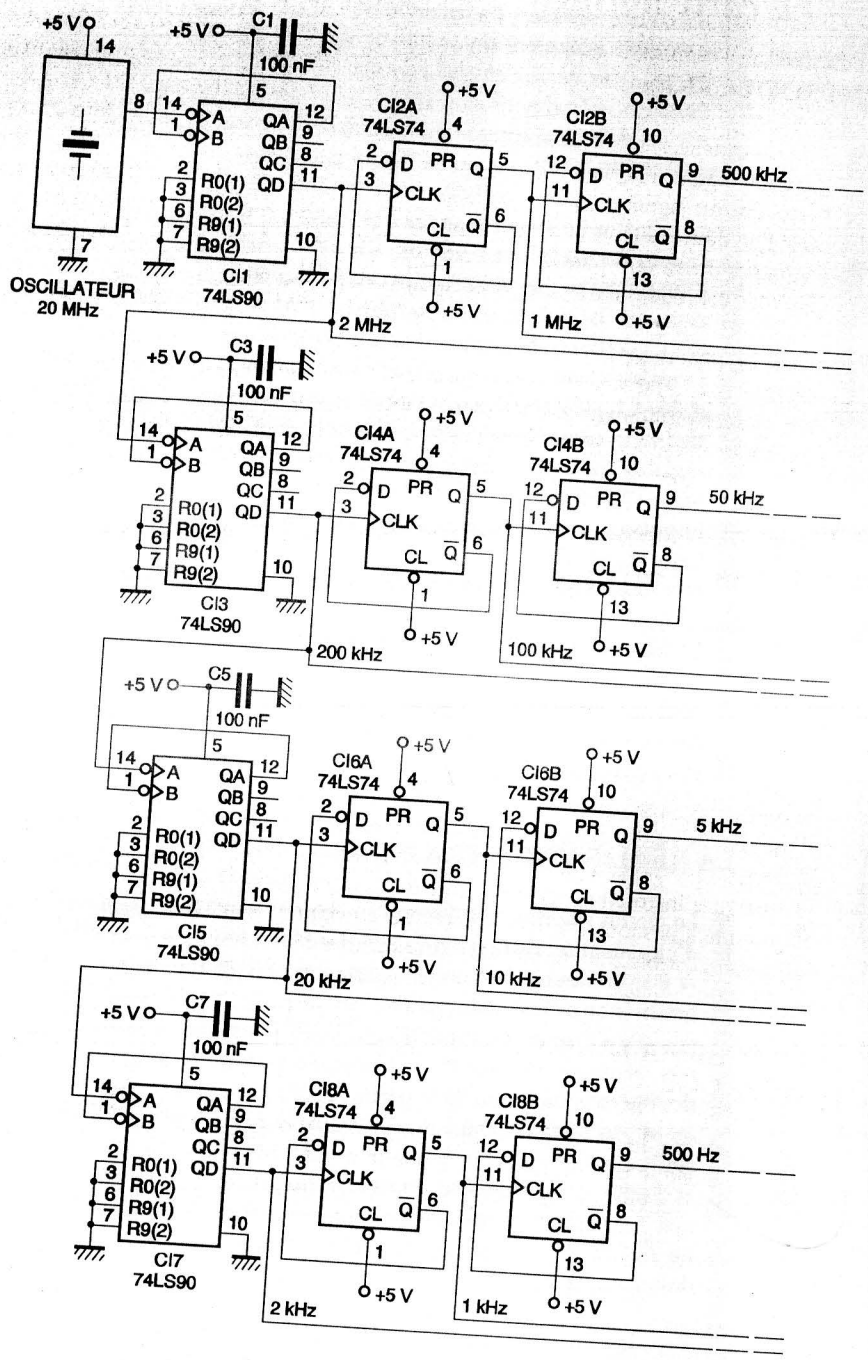
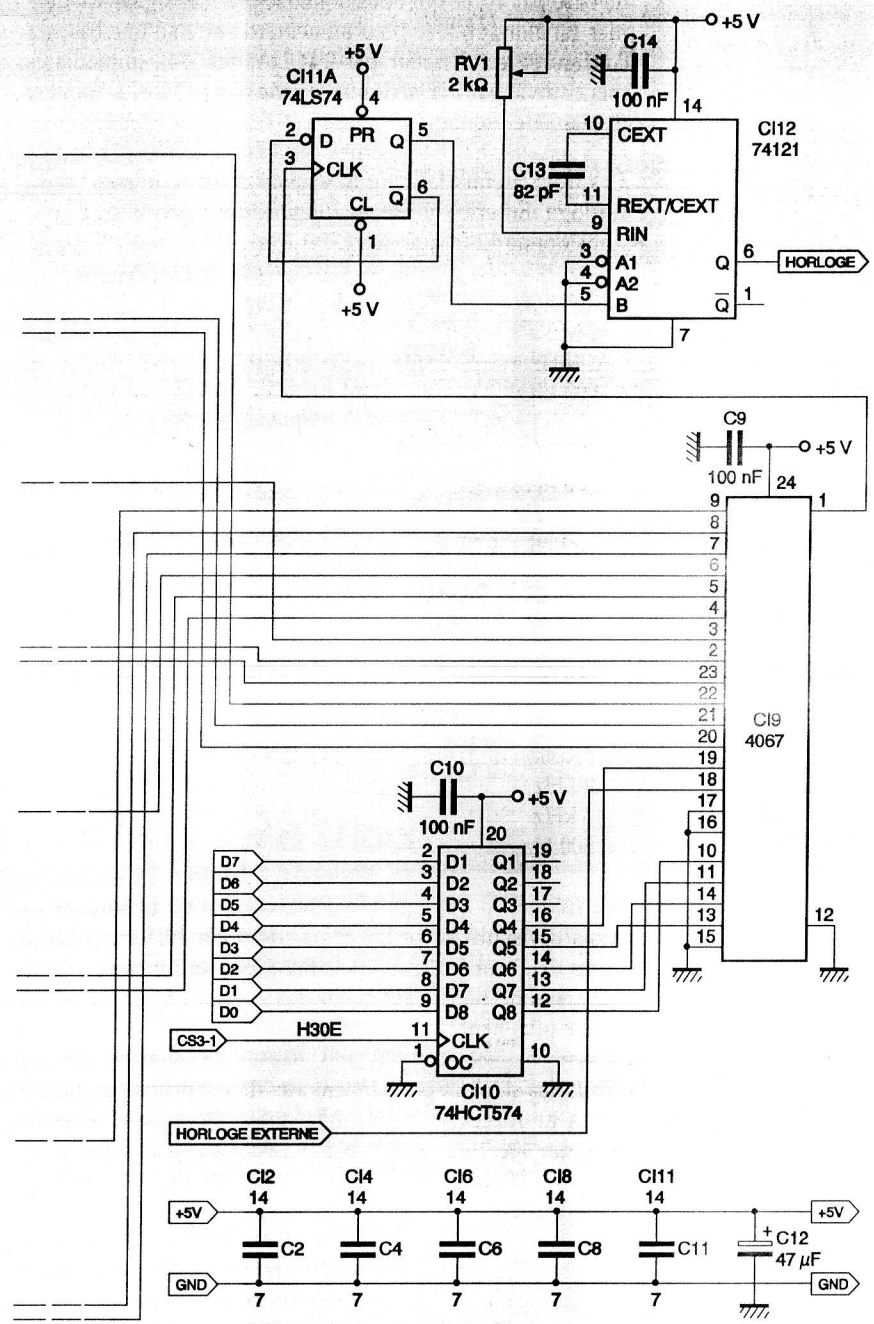


Figure 7.13.



sées par deux. Un compteur 74LS90 divise cette fréquence de base par 10, ce qui nous donne le premier signal. Ce dernier est alors prélevé pour alimenter l'entrée d'une bascule configurée en diviseur par 2 (CI_2A, 74LS74), immédiatement suivie par une seconde bascule (CI_2B, 74LS74) montée de manière identique.

Ces trois circuits forment le schéma de base de notre carte horloge. En effet, il est ainsi reproduit quatre fois, ce qui nous donne 12 fréquences :

1. division de la fréquence de l'oscillateur :
   2 MHz
   1 MHz
   500 kHz

2. division de la fréquence 2 MHz :
   200 kHz
   100 kHz
   50 kHz

3. division de la fréquence 200 kHz :
   20 kHz
   10 kHz
   5 kHz

4. division de la fréquence 20 kHz :
   2 kHz
   1 kHz
   500 Hz

La fréquence appliquée à l'entrée du circuit composé de trois diviseurs ne provient pas de la bascule précédente, mais de la sortie du diviseur par 10. Ce qui permet d'obtenir, comme nous l'avons vu, les diverses fréquences inscrites plus haut.

Tous ces signaux parviennent aux douze premières entrées d'un multiplexeur-démultiplexeur analogique à 16 voies, CI_9, un 4067. La voie 13 est celle utilisée pour l'entrée du signal d'horloge généré par logiciel, et enfin la voie 14 est celle réservée à l'entrée de la base de temps externe.

Le choix du canal, et donc de la fréquence d'échantillonnage, s'effectue par quatre lignes d'entrées (broches 10, 11, 14 et 13) du 4067. Ces dernières sont connectées à quatre des sorties d'une octuple bascule, CI_{10}, un 74HCT574. La validation des sorties de cette bascule est opérée par un signal d'écriture envoyé à l'adresse H30E. Ainsi, si nous souhaitons une fréquence de sortie de 500 Hz, les quatre bits "0000" devront être envoyés au 4067, ce qui mettra en fonction la voie 1 ; si nous souhaitions une fréquence de 2 MHz, sur les entrées d'adresse du 4067 devraient être appliqués quatre bits "1111", ce qui validerait la voie 16.

Le signal est disponible sur la sortie située à la broche 1 du circuit. Le signal issu des bascules est symétrique, mais celui fourni par les diviseurs par 10 ne l'est pas. C'est ce qui explique la présence, en sortie du 4067, d'une bascule ($CI_{11}A$, 74LS74) divisant à nouveau le signal par deux, mais fournissant un excellent signal carré. A l'aide du monostable CI_{12} (74LS123), nous fabriquons une impulsion positive de quelques dizaines de ns, dont la durée est d'ailleurs réglable dans une certaine mesure, par la résistance ajustable RV_1 d'une valeur de 2 kΩ. La durée entre chaque impulsion peut ainsi atteindre plusieurs centaines de ns. Cette impulsion sera utilisée par la carte de contrôle qui générera tous les autres signaux nécessaires aux différentes cartes.

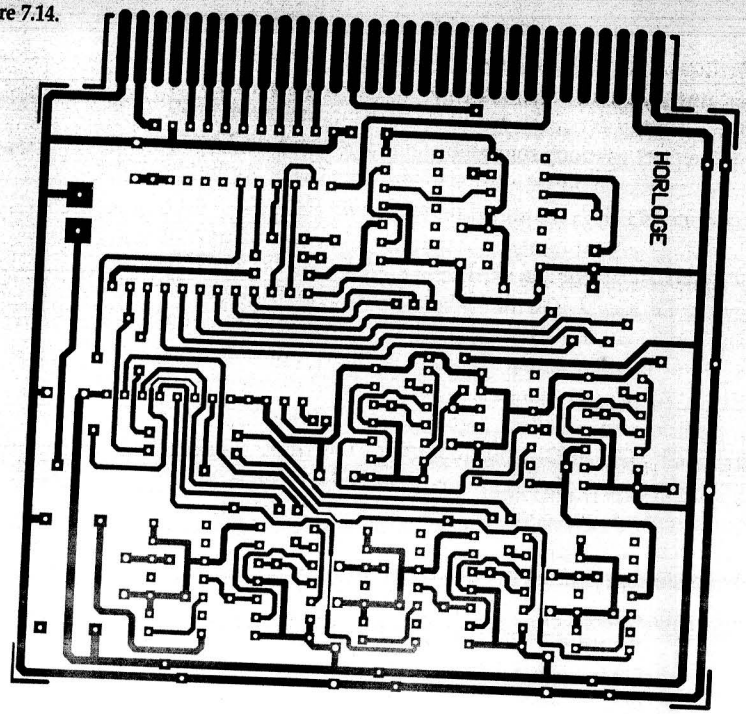
La fréquence maximale de l'horloge est de 1 MHz et sa fréquence minimale atteint 250 Hz. Chaque circuit intégré possède un condensateur de découplage dans sa ligne d'alimentation, et une capacité de 47 µF découple cette tension à son arrivée sur la carte.

LA RÉALISATION PRATIQUE

Le circuit imprimé est dessiné en figure 7.14 et le schéma d'implantation l'est en figure 7.16. Ce circuit imprimé pourra être en double face ou en simple face. En effet, de nombreux straps sont à implanter sur la carte. Nous avons pensé qu'il serait pratique de proposer, pour ceux d'entre nos lecteurs nullement incommodés par la technique double face, un typon de la partie supérieure de la carte où les straps seraient simplement remplacés par des pistes. Il suffit alors de procéder à la soudure des traversées de part et d'autre des pistes pour obtenir un circuit parfait, tout en ayant échappé à la fastidieuse besogne de pose des straps. Le dessin de la face supérieure du circuit imprimé est donné en figure 7.15.

Tous les circuits intégrés seront placés sur des supports, y compris l'oscillateur qui nécessite un support à 14 broches,

Figure 7.14.



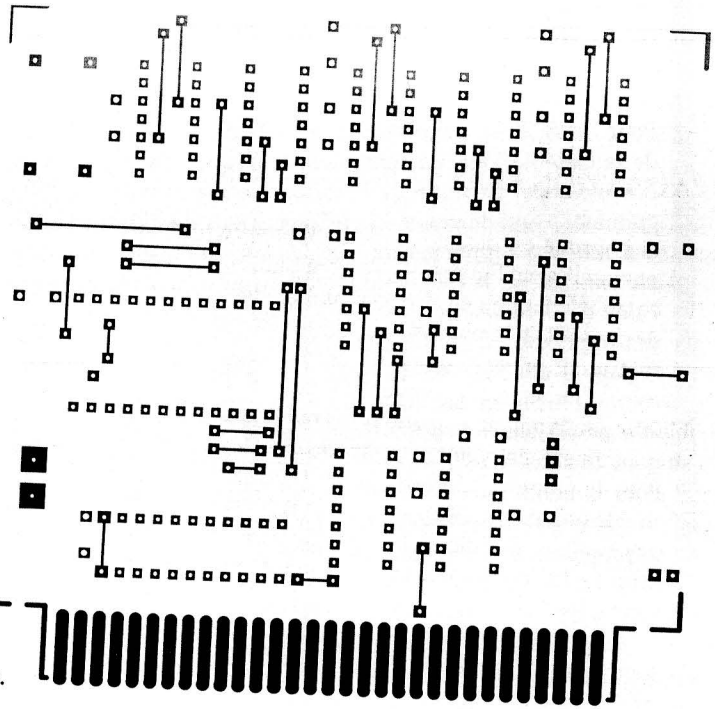


Figure 7.15.

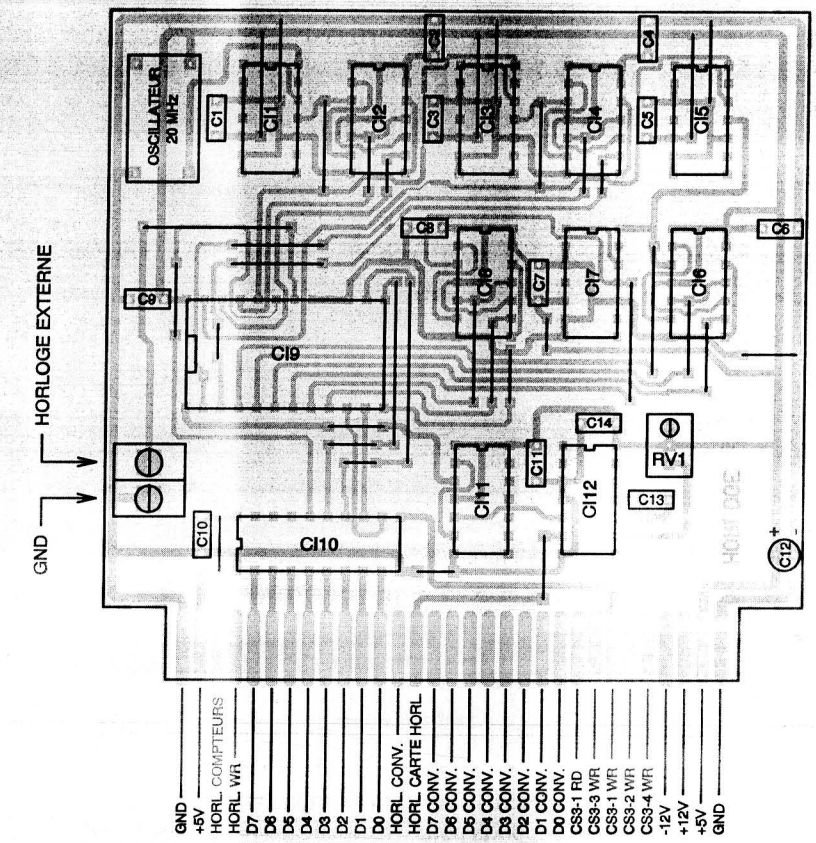
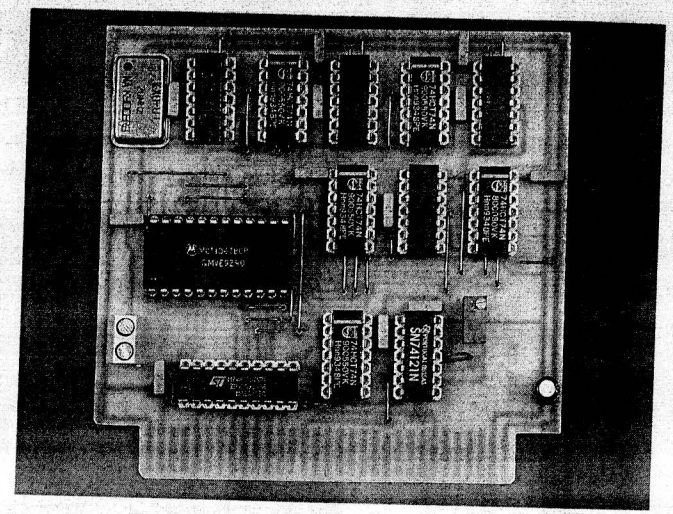


Figure 7.16.

dont seulement 4 seront utilisées. La résistance ajustable RV_1 sera un modèle multitours. L'entrée du signal en provenance de l'horloge externe s'effectue sur un bornier à vis à deux points.

Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1, CI_3, CI_5, CI_7 : 74LS90,
CI_2, CI_4, CI_6, CI_8, CI_{11} : 74LS74,
CI_9 : 4067,
CI_{10} : 74HCT574,
CI_{12} : 74121.



Résistances :
RV_1 : résistance ajustable 2 kΩ multitours.

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}, C_{13}, C_{14} : 100 nF,
C_{11} : 47 µF 16 V.

Divers :
10 supports pour circuit intégré 14 broches,
1 support pour circuit intégré 24 broches,
1 support pour circuit intégré 20 broches,
1 bornier à vis à 2 points.

Les réglages et les essais

La carte horloge sera placée dans son slot sur la carte de base et l'on mettra sous tension. On vérifiera en premier lieu la présence du signal en sortie de l'oscillateur. A l'aide d'un fréquencemètre, on mesurera les fréquences de sortie des différents diviseurs par 10 et par 2. Si tout est correct, on pourra passer aux essais suivants.

Il faudra d'abord saisir le programme suivant :

```
REM test de la carte horloge de l'oscilloscope
REM adresse en H30E
```



```
REM ************************************************
REM contrôle des fréquences de la carte horloge
REM ************************************************
FOR D=0 TO 11
OUT &H30E, D
SLEEP : REM appuyer sur la barre espace pour continuer
NEXT D
REM
************************************************
REM contrôle du signal d'horloge généré par logiciel
REM
************************************************
OUT &H30E, 12 : REM commute la voie 13
FOR D=0 TO 10000
OUT &H30E,12 : OUT &H30E, 28 : REM signal d'horloge généré
par logiciel
NEXT D
REM
************************************************
REM contrôle de la commutation de l'horloge externe
REM
************************************************
OUT &H30E, 13 : REM commutation horloge externe
END
```

Pour l'essai de la commutation des différentes fréquences de la carte horloge, on connectera le fréquencemètre (ou l'oscilloscope) en sortie de la carte, et on lancera le programme. Avant de passer à la fréquence suivante, l'ordinateur attendra l'appui sur une touche. Lorsque le programme aura atteint la fréquence la plus haute, soit 1 MHz, à l'aide de la résistance ajustable RV1 on réglera la largeur des impulsions de sortie à environ 50 ns. Ce sera le seul réglage à effectuer sur la carte. Les autres instructions, comme l'indiquent les "REM" du programme, sont utilisées afin de vérifier le bon fonctionnement des commutations pour le passage en horloge logicielle ou horloge externe. Pour la vérification de l'horloge logicielle si le chiffre de 10 000 impulsions s'avérait trop faible (pour les machines très rapides), il suffirait tout simplement de l'augmenter.

D - La carte mémoire

Afin de pouvoir être exploitées ultérieurement, les données issues de la carte convertisseur et provenant de chaque conversion d'un échantillon du signal d'entrée doivent être stockées dans une mémoire. Ainsi, après leur affichage sur l'écran du PC sous forme du signal reconstitué, ces données pourront être, si on le désire, conservées sur disquettes sous forme de fichiers binaires, ce qui donnera la possibilité à l'utilisateur de leur emploi postérieur. Cette option n'existe pas sur le programme de base, mais il suffira de quelques lignes d'écriture afin de l'y inclure. D'autre part, si l'on désire plutôt garder une image de la trace, il suffira d'un petit logiciel de saisie d'écran comme il en existe tant sur les différents serveurs distribuant des logiciels shareware.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE MÉMOIRE

Le schéma de principe de notre carte est donné en figure 7.17. Comportant peu de circuits intégrés, et d'une configuration simple, c'est néanmoins la carte qui nécessite le plus de signaux de commande et de lignes d'entrées-sorties. En effet, la platine devra permettre le déroulement des opérations suivantes :

1. ***opérations d'écriture lors de la prise des échantillons :***

   - stockage des données ;
   - incrémentation automatique des adresses de la mémoire ;

2. ***opérations de lecture des données :***

   - remise à zéro des compteurs d'adresses ;
   - validation de la mémoire pour la sortie des données ;
   - validation du tampon de lecture des données ;
   - incrémentation manuelle (logicielle) des adresses de la mémoire ;
   - remise à zéro des compteurs d'adresses ;
   - retour en 1 pour un nouvel échantillonnage.

Examinons le schéma en détail. Le bus de données provenant de la carte convertisseur est directement connecté au bus de données de la mémoire, ce qui lui permet de se trouver complètement isolé par rapport au bus du micro ordinateur. Cette isolation est réalisée par l'amplificateur de bus 3

états, CI_9, un 74HCT541. Les lignes d'adresse de la mémoire sont connectées aux sorties de compteurs binaires 4 bits synchrones, reset asynchrone et programmables, CI_2 à CI_5, des circuits intégrés de type 74LS161. Il est obligatoire, dans ce type d'application où la vitesse est primordiale, d'utiliser des compteurs synchrones. Synchrone veut dire que toutes les bascules internes sont déclenchées dans le même moment, et que les sorties du compteur changent d'états logiques simultanément. Ce déclenchement s'effectue lors du front montant du signal d'horloge. Une autre caractéristique de ces compteurs, qui ne sera pas utilisée dans cette application, est la possibilité de les programmer, c'est-à-dire de prépositionner les sorties dans un état bien précis (0 ou 1).

La RAZ (remise à zéro) de ces compteurs est asynchrone.

Un niveau logique bas appliqué sur l'entrée de RAZ positionne toutes les sorties à 0, indépendamment de l'état logique du signal de l'horloge. Si cette RAZ était synchrone, comme sur d'autres compteurs de la même famille, le signal bas de RESET n'aurait d'effet que lors de la présence du front montant suivant de l'horloge sur l'entrée de comptage.

Sur les compteurs binaires non synchrones, les sorties demandent un certain temps pour changer d'état et ne le font pas simultanément, ce qui est dû au temps de propagation du signal d'horloge. En imaginant un signal d'horloge de fréquence très élevée, il y aurait alors de fortes chances pour que les sorties des compteurs d'adresses de la mémoire ne soient pas stabilisées avant que n'arrive le signal d'écriture de cette dernière. On obtiendrait alors des résultats désastreux, puisque des sorties de compteurs pourraient se trouver dans un état indéterminé, ou d'autres encore à un niveau bas alors qu'elles devraient théoriquement se trouver au niveau haut.

L'octuple bascule CI_6, un 74HCT574, est chargé entre autre d'assurer le signal de RAZ. C'est sa sortie Q_2 (ligne de donnée D_1) qui, inversée par CI_7A, produit un flanc négatif qui est appliqué sur les entrées RESET des quatre compteurs. La sortie Q_1 (ligne de donnée D_0) de cette octuple bascule est, quant à elle, occupée à la validation de la sortie des données de la mémoire CI_1, lorsque l'on passe de phase de lecture.

Enfin, la sortie Q_3 (ligne de donnée D_2) produit le signal qui incrémente les compteurs, lorsque durant la lecture, la

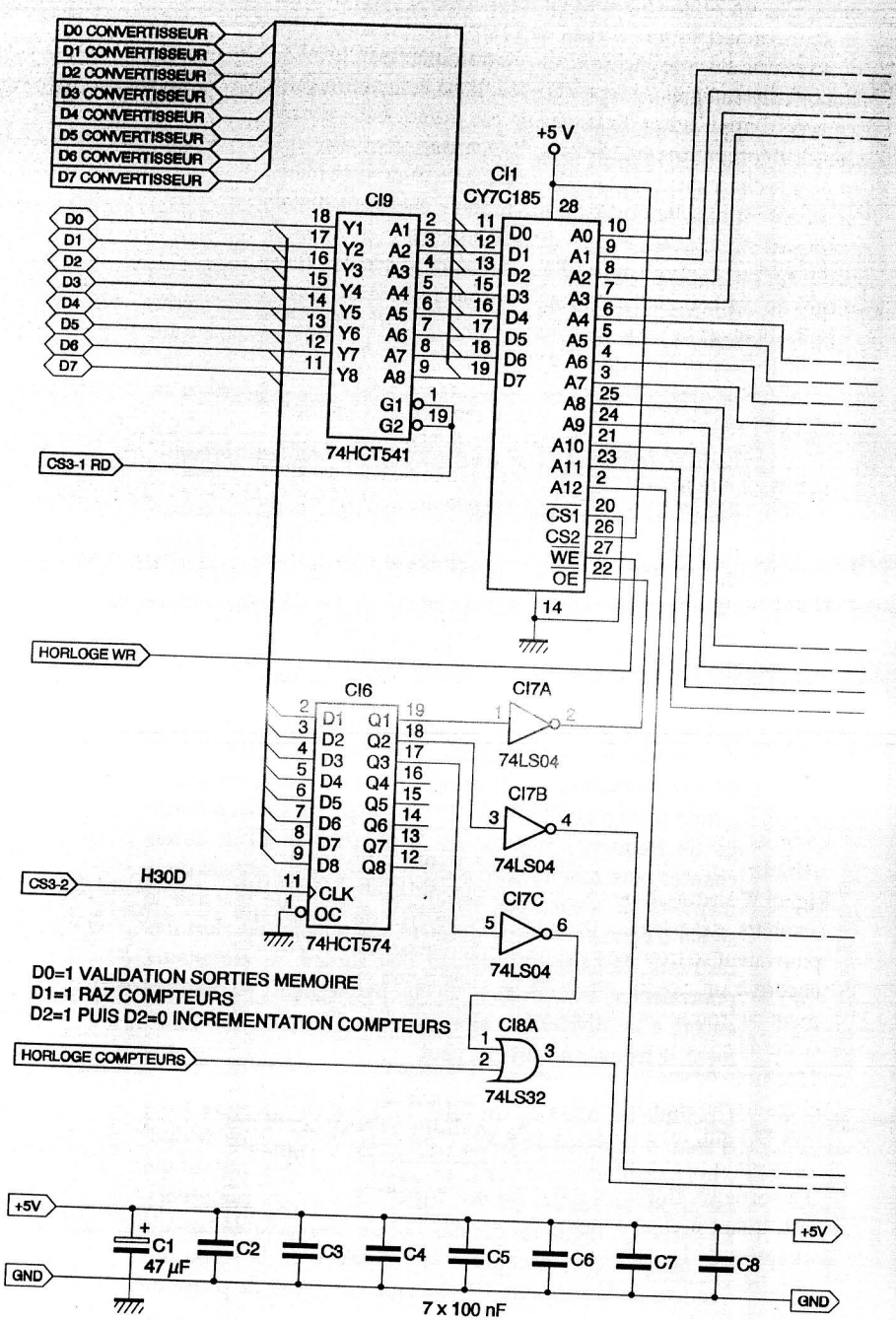


Figure 7.17.

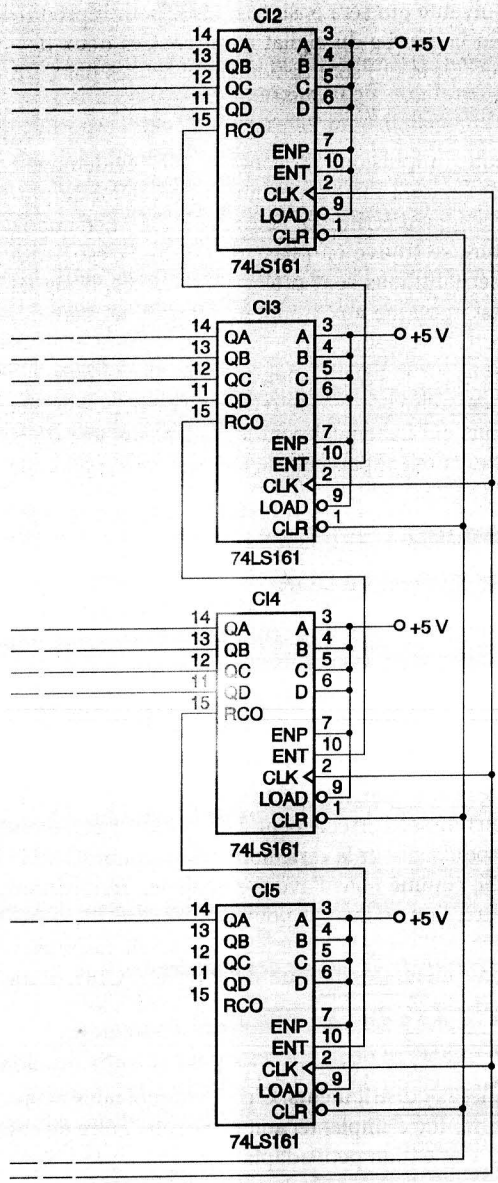


Figure 7.17.

donnée précédente a été traitée. La mémoire présente ainsi la donnée suivante qui sera ensuite utilisée pour reproduire peu à peu la courbe du signal d'entrée. Ces deux dernières sorties (Q_1 et Q_3) sont également inversées par CI_7B et CI_7C.

Ces différentes impulsions de contrôle sont évidemment générées par logiciel. Elles proviennent de l'envoi de plusieurs instructions d'écriture à l'adresse H30D. Lorsque la carte mémoire se trouve en phase d'écriture,, c'est-à-dire lorsque les échantillons sont prélevés et stockés, le signal d'horloge est appliqué aux compteurs par l'intermédiaire d'une porte OU. Lorsqu'arrive la fin de cette phase, le niveau présent sur la ligne **horloge compteurs**, se retrouve au niveau bas. Cette porte a été rendue nécessaire afin que les impulsions qui incrémenteront les compteurs lors de la phase lecture, puissent parvenir de la sortie correspondante de la bascule CI_6.

Nous trouvons enfin les capacités de découplage de 100 nF et la capacité chimique de 47 µF.

LA MÉMOIRE STATIQUE

La mémoire employée sur la carte peut être du type normal ou du type rapide. Le type normal (6264, 8 Ko) est d'un temps d'accès suffisamment rapide (100 ns à 150 ns) afin de pouvoir fonctionner correctement à l'aide des fréquences que nous produisons sur la carte horloge (maximum 2 MHz à 3 MHz). Si, comme nous l'avons signalé en introduction de ce chapitre, l'on souhaitait pouvoir disposer d'une fréquence d'échantillonnage supérieure, il serait nécessaire d'utiliser une mémoire statique de type CY7C185, d'un temps d'accès de 25 ns.

Ce type de mémoire se rencontre maintenant couramment chez de nombreux distributeurs. C'est pourquoi nous avons prévu la possibilité d'implanter soit l'une soit l'autre de ces mémoires, à l'aide d'un petit adaptateur fort simple à réaliser comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant.

LA RÉALISATION PRATIQUE DE LA CARTE

Nous proposons les deux solutions (straps ou circuit imprimé double face) pour la réalisation de cette platine, ce qui

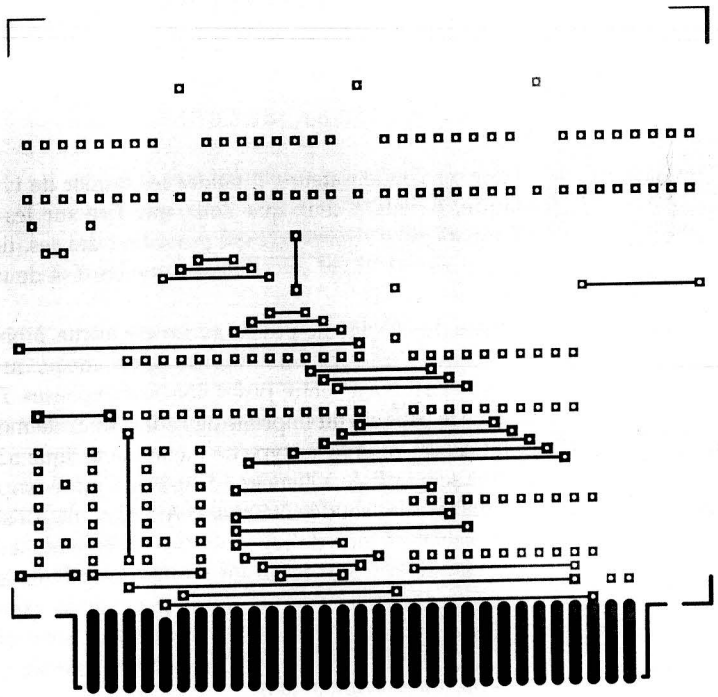
est intéressant compte tenu du nombre de straps à implanter sur le circuit.

Le dessin de la face supérieure est donné en figure 7.18. Celui de la face inférieure (côté soudures), est dessiné en figure 7.19. On remarque immédiatement la haute densité des pistes, et l'on prendra un soin particulier à la réalisation de la platine époxy. On utilisera le schéma d'implantation donné en figure 7.20 pour l'implantation des composants.

Tous les circuits intégrés seront placés sur des supports de type marguerite. Il faudra en utiliser deux insérés l'un dans l'autre afin de surélever la mémoire. On aura préalablement placés tous les straps (pour ceux n'employant pas la méthode de double face) ou les traversées pour les autres.

On remarquera, qu'exceptionnellement, nous avons été obligés de placer une capacité de découplage sous deux des circuits intégrés de la carte. Ceci est dû au manque de place résultant du nombre important de pistes. Afin de pouvoir

Figure 7.18.



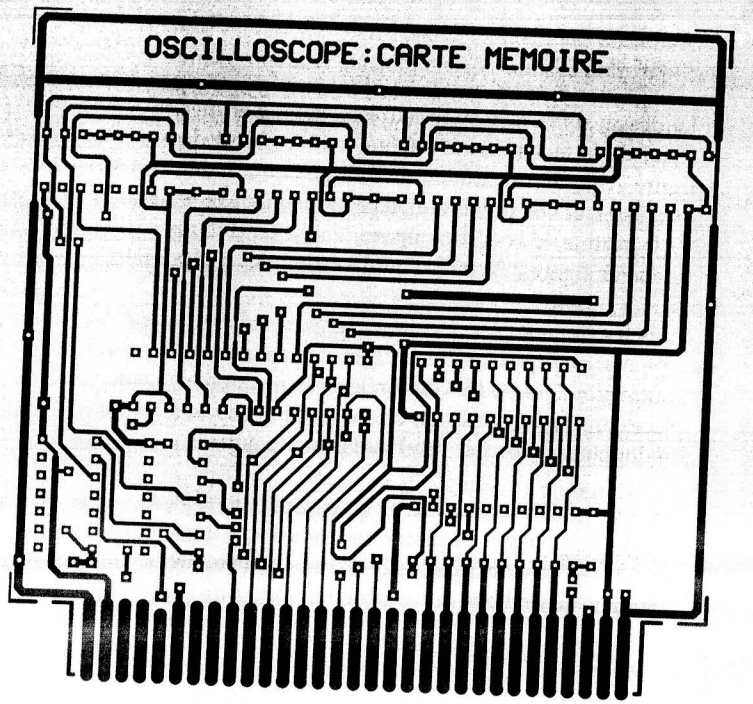


Figure 7.19.

placer ces condensateurs, il faudra les choisir de type miniature, pareils à ceux que l'on rencontre sur les cartes informatiques et qui possèdent des sorties axiales. Ils n'occupent pas plus de place que les résistances 1/4 de watt.

Le reste du câblage ne posera aucun problème, à partir de l'instant où l'on vérifiera après chaque soudure, qu'aucun pont ne s'est formé entre pistes voisines. En figure 7.21 est dessiné le petit circuit imprimé de l'adaptateur de mémoire. Celui-ci sera réservé au type de mémoire statique 6264. La platine sera utilisée à l'envers,, c'est-à-dire que le support à 28 broches sera soudé côté pistes. Auparavant, à l'aide de fil de câblage rigide de type téléphone, on soudera 28 traversées qui serviront à l'insertion de l'adaptateur sur les supports de la carte, à la place de la mémoire rapide. Le montage, après une dernière vérification de l'ensemble du câblage, pourra être soumise aux essais que nous allons maintenant détailler.

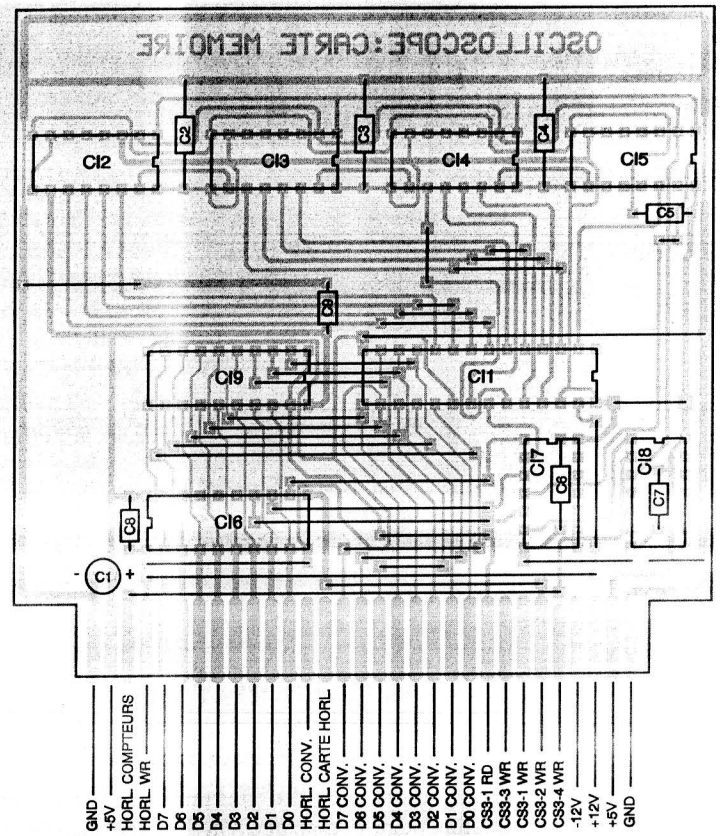
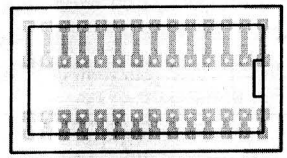


Figure 7.20.



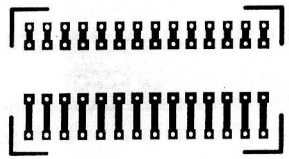


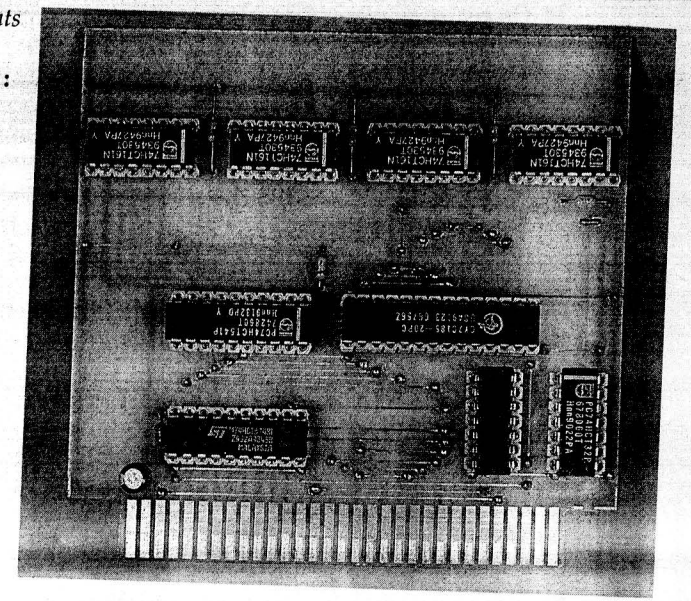
Figure 7.21.

Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 : mémoire statique 6264 ou CY7C185 (voir texte),
CI_2, CI_3, CI_4, CI_5 : 74LS161 ou 74HCT161,
CI_6 : 74HCT574,
CI_7 : 74LS04 ou 74HCT04,
CI_8 : 74LS32 ou 74HCT32,
CI_9 : 74HCT541.

Condensateurs :
C_1 : 47 µF 16 V,
C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8 : 100 nF miniature sortie, axiale (voir texte).

Divers :
2 supports pour circuit intégré 20 broches,
2 supports pour circuit intégré 14 broches,
4 supports pour circuit intégré 16 broches,
1 support pour circuit intégré 28 broches boîtier large,
2 supports pour circuit intégré 28 broches boîtier étroit.



Les essais de la carte mémoire

On placera la carte mémoire dans un slot de la carte de base et l'on alimentera le montage. On vérifiera d'abord le bon fonctionnement du tampon CI_9, en envoyant l'ordre suivant :

```
DO
A=INP (&H30C)
PRINT A
LOOP : REM "CTRL + PAUSE" pour sortir de la boucle
```

En connectant une sonde logique aux broches 1 et 19, on devra constater une suite d'impulsions très courtes provenant de la ligne CS3-1 et utilisées afin de valider le tampon.

On vérifiera ensuite le fonctionnement de l'octuple bascule CI_6. Pour se faire, on saisira les quelques lignes d'instructions suivantes :

```
DO
OUT &H30D, 0 : REM sorties 2, 4 et 6 de CI7 à 1
SLEEP 2
OUT &H30D, 1 : REM sortie 2 de CI7 à 0
SLEEP 2
OUT &H30D, 2 : REM sortie 4 de CI7 à 0
SLEEP 2
OUT &H30D, 4 : REM sortie 6 de CI7 à 0
SLEEP 2
LOOP : REM "CTRL + PAUSE" pour sortir de la boucle
```

On vérifiera l'état des lignes de sorties comme indiqué dans les REM du programme. Le dernier essai consistera à relier provisoirement la broche 1 de CI_8 à la masse et de relancer l'exécution du programme. On constatera le changement d'état de la sortie 3 de ce même circuit à chaque changement de l'état de la sortie 6 de l'inverseur CI_7C.

E - La carte de contrôle

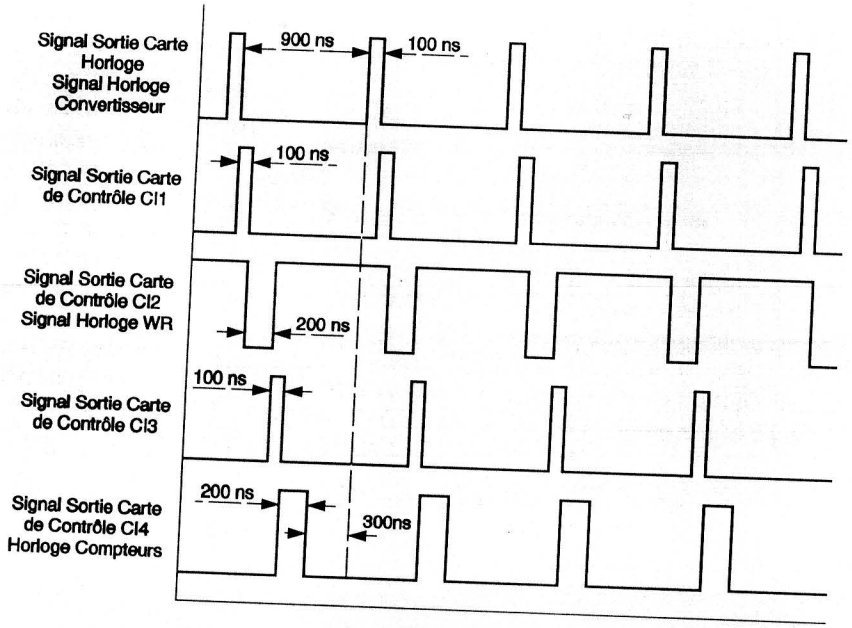
Pour assurer le fonctionnement correct de l'ensemble des cartes, il est nécessaire d'obtenir une bonne synchronisation entre les différents signaux qui sont utilisés durant la phase d'échantillonnage du signal d'entrée. Ces signaux sont appliqués dans l'ordre suivant :

1. signal d'échantillonnage (carte convertisseur) ;
2. signal d'écriture dans la mémoire (carte mémoire) ;
3. signal d'incrémentation des compteurs (carte mémoire), puis retour au 1 (signal d'échantillonnage).

Tous ces signaux sont produits par l'application à la carte de contrôle, des impulsions en provenance de la carte horloge.

Le diagramme des temps des différents signaux générés par la carte de contrôle est visible en figure 7.22. La ligne du haut représente les impulsions d'horloge produites pour une fréquence d'oscillateur de 20 MHz, ce qui donne une fréquence maximale de 1 MHz pour l'échantillonnage. On voit que par le réglage de la résistance du monostable de sortie (carte horloge), on obtient des impulsions positives de 100 ns, espacées par une durée de 900 ns entre chaque impulsion.

Figure 7.22.



On génère ensuite sur la carte de contrôle un temps d'attente de 100 ns (seconde ligne du diagramme), puis l'impulsion d'écriture de la mémoire d'une durée de 200 ns (troisième ligne). Un nouveau temps d'attente de 100 ns est produit (quatrième ligne), puis une impulsion de 200 ns (cinquième ligne) qui sera utilisée pour l'incrémentation des compteurs d'adresses de la mémoire. On constate qu'il convient d'attendre 300 ns avant l'arrivée d'une nouvelle impulsion d'horloge. Les temps d'attente de 100 ns ont été utilisés afin d'obtenir une bonne stabilisation des signaux apparaissant en sortie du convertisseur et appliqués à la mémoire, ainsi que des sorties des compteurs. Disposant d'un temps suffisant (900 ns), nous avons bien sûr augmenté plus qu'il n'aurait fallu ces différentes durées.

Si l'on désire augmenter la fréquence d'échantillonnage, il suffira de diminuer ces durées. Pour cela, il faudra obtenir en sortie de la carte horloge, un signal présentant un créneau positif de 30 ns, avec un espace de 120 ns entre chaque impulsion. Sur la carte de contrôle, tous les signaux produits devront avoir également une durée de 30 ns. Si nous parlons d'une durée de 30 ns, c'est qu'elle nous est imposée par le type de monostable utilisé. En effet, c'est l'impulsion la plus courte que nous puissions obtenir avec le circuit 74121. Pour cela, il faudra supprimer tous les condensateurs câblés autour des monostables et laisser les pattes CEXT et REXT/CEXT en l'air, et relier les broches RIN au plus de l'alimentation. On obtiendra alors une fréquence d'échantillonnage proche de 7 MHz (6,666 666 MHz). On choisira l'oscillateur en conséquence. Pour notre part, nous pensons qu'une fréquence maximale de 5 MHz permettra déjà l'obtention de très bons résultats, et qu'un signal de plus de 100 kHz pourra alors être échantillonné.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE DE CONTRÔLE

Le schéma de principe est donné en figure 7.23. Le signal d'horloge est appliqué sur l'entrée en broche 1 de la porte OU CI_5A (74LS32). L'entrée en broche 2 est connectée à la sortie d'une seconde porte OU, CI5B. Les entrées de cette dernière sont reliées d'une part à la sortie Q/ d'un monostable (CI_9A, 74LS123) et d'autre part à la sortie d'un multiplexeur 8 vers 1 (CI_6, 74LS151). La sortie Q/ du monostable présente au repos un état 1, ce qui a pour conséquence l'application sur l'entrée 2 de la porte OU CI_5A d'un état

Figure 7.23.

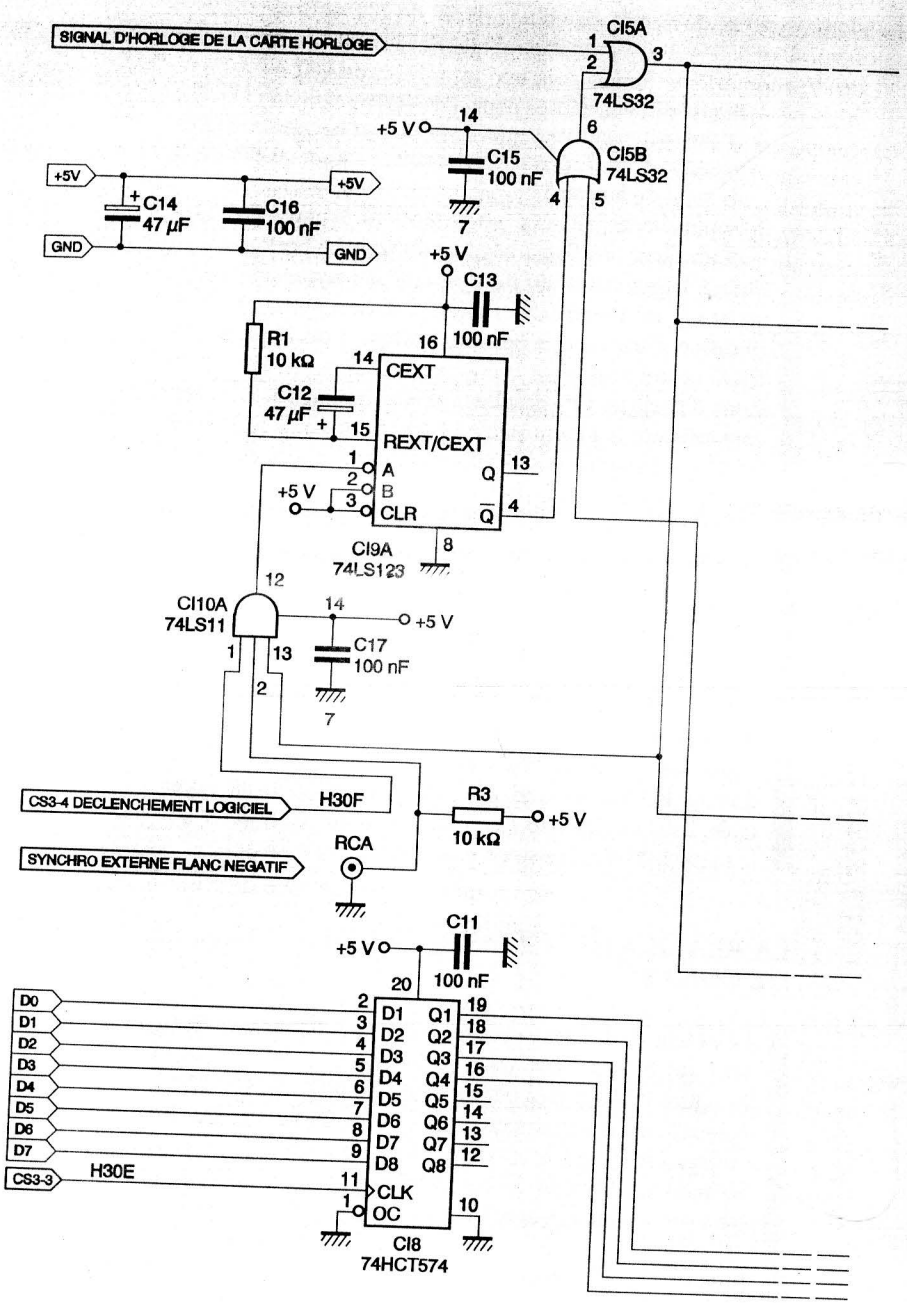
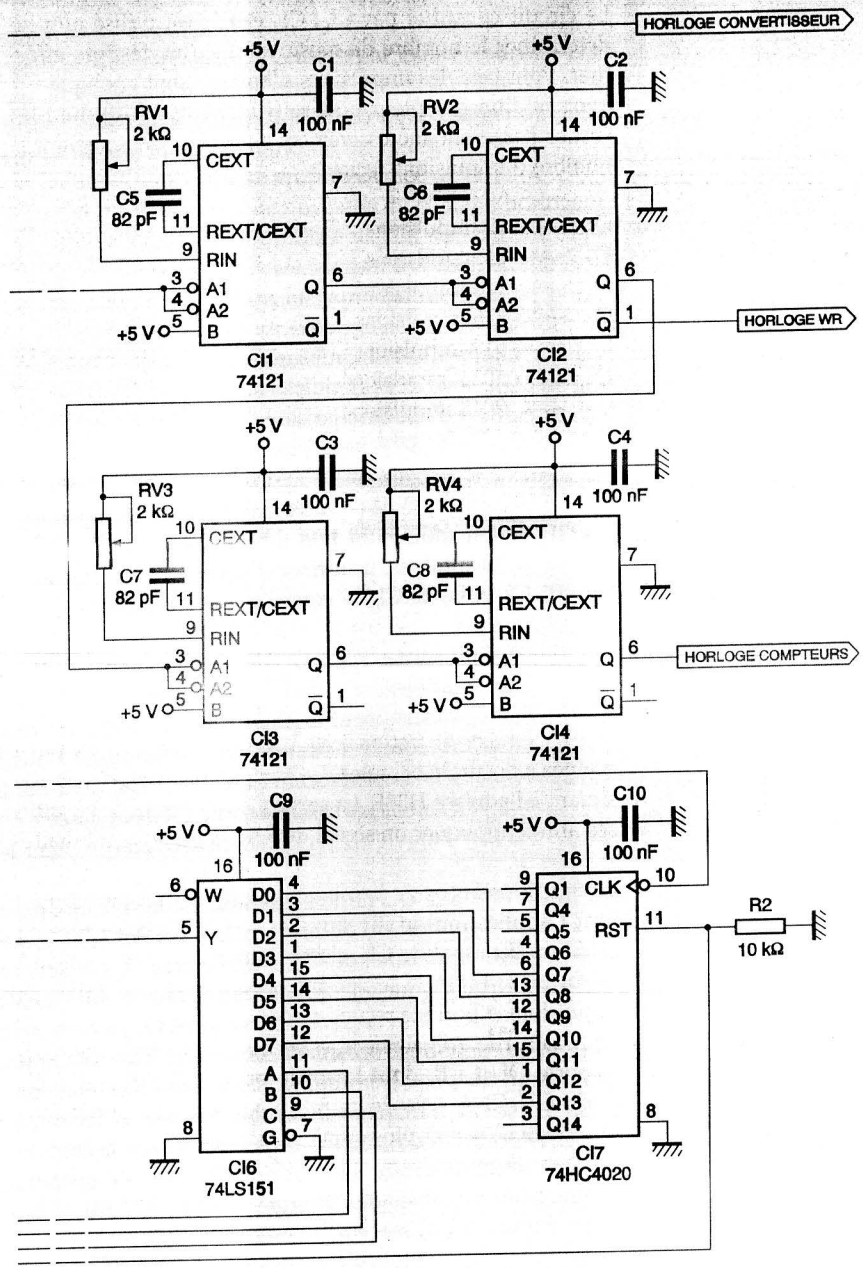


Figure 7.23.



haut, empêchant le passage des impulsions d'horloge par cette porte.

Le circuit constitué par CI_6, CI_7 et CI_8 est utilisé afin de déterminer le nombre de mesures que l'on désirera effectuer. Pour cela, les impulsions d'horloge sont appliquées à l'entrée d'un compteur binaire (CI_7, 74HCT4020) dont les sorties passeront successivement au niveau haut suivant le nombre d'impulsions reçues :

Q_6 ⟶ 32 impulsions
Q_7 ⟶ 64 impulsions
Q_8 ⟶ 128 impulsions
Q_9 ⟶ 256 impulsions
Q_{10} ⟶ 512 impulsions
Q_{11} ⟶ 1024 impulsions
Q_{12} ⟶ 2048 impulsions
Q_{13} ⟶ 4096 impulsions

On constate que seulement 4 Ko de la mémoire de 8 Ko seront utilisés. Si l'on désirait pouvoir disposer de 8 Ko d'échantillons, il suffirait d'annuler la jonction entre Q_{13} de CI_7 et D_7 de CI_6, et connecter cette dernière à Q_{14}.

Les huit sorties (Q_6 à Q_{13}) sont reliées aux entrées D_0 à D_7 d'un multiplexeur 8 vers 1, dont les entrées de sélection A, B et C, déterminent laquelle des 8 entrées sera reliée à la sortie Y (broche 5). Cette sélection s'effectue par l'envoi d'une donnée à l'octuple bascule CI_8 (74HCT574), cette dernière se situant à l'adresse H30E. La sortie Q4 de la bascule est utilisée afin d'appliquer un signal de RAZ au compteur binaire.

Le fonctionnement de l'ensemble est le suivant : en supposant l'application de niveaux bas sur les trois entrées de sélection du canal de CI_6, c'est l'entrée D_0 qui sera reliée à la sortie Y. Lorsque le compteur binaire aura totalisé 32 impulsions d'horloge reçues, sa sortie Q_6 passera au niveau haut, la sortie Y également, et cet état haut sera appliqué à la porte OU CI_5B, dont la sortie présentera un état 1. La porte OU CI_5A sera de ce fait bloquée et les impulsions d'horloge ne seront plus appliquées à la carte convertisseur. L'échantillonnage sera stoppé. Toutes ces opérations ne seront possibles que lorsque la sortie Q/ du monostable passera à 0. C'est ce que nous allons voir maintenant.

L'entrée A/ de déclenchement du monostable CI_9A, nécessitant un flanc négatif, est connectée à la sortie de la porte

AND à trois entrées $CI_{10}A$. Sa sortie ne présentera un front descendant que lorsque l'une de ses entrées sera portée à un état bas. Cela se fera dans trois cas :

1. impulsion négative générée par logiciel (adresse H30F) ;
2. impulsion négative générée par un signal externe en provenance d'un dispositif quelconque (trigger ou détecteur de seuil de tension) ;
3. impulsion négative en provenance de la porte OU CI_5A et résultant des flancs négatifs du signal d'horloge.

Suite à l'application du flanc négatif sur son entrée A/, la sortie Q/ du monostable passera à 0. Ceci entraînera l'application d'un niveau bas sur l'entrée 2 de la porte OU CI_5A, ce qui aura pour conséquence le passage des impulsions d'horloge. Ces dernières seront appliquées à la carte convertisseur, au monostable CI_1 et à l'entrée 13 de la porte ET $CI_{10}A$. Les impulsions présentent en sortie de cette dernière maintiendront le déclenchement du monostable CI_9A, qui ne reviendra au repos que lorsque la sortie Y de CI_6 passera au niveau haut, c'est-à-dire, lorsque le nombre d'échantillons souhaités sera atteint.

Le signal d'horloge appliqué à la chaîne des quatre monostables CI_1 à CI_4 (74121), provoquera l'apparition sur leur sortie Q et Q/ des signaux que nous avons étudié plus haut, et qui sont dessinés sur le diagramme de la figure 7.22. Signalons que le déclenchement de chaque circuit se produit sur le flanc descendant de l'impulsion qui lui est appliquée. La durée de leur impulsion de sortie est réglable par la manœuvre des résistances ajustables RV_1 à RV_4.

LA RÉALISATION PRATIQUE DE LA CARTE DE CONTRÔLE

Le dessin de la face supérieure du circuit imprimé, pour ceux que la pose de straps n'enchante guère, est représenté en figure 7.24. La face inférieure est donnée en figure 7.25, et le schéma d'implantation est dessiné en figure 7.26. Le câblage est simple et ne demandera donc pas de longues explications. L'entrée de la synchronisation externe s'effectuera sur un connecteur RCA femelle de type circuit imprimé.

Tous les circuits intégrés seront placés sur support. On terminera le câblage par l'inévitable contrôle des soudures et l'élimination d'éventuels courts-circuits entre pistes voisines. On pourra alors procéder aux essais.

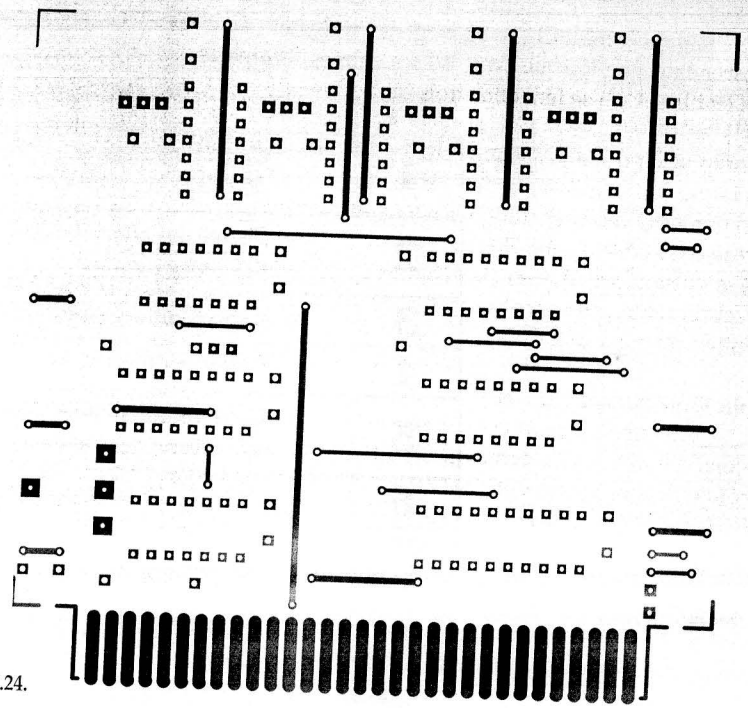


Figure 7.24.

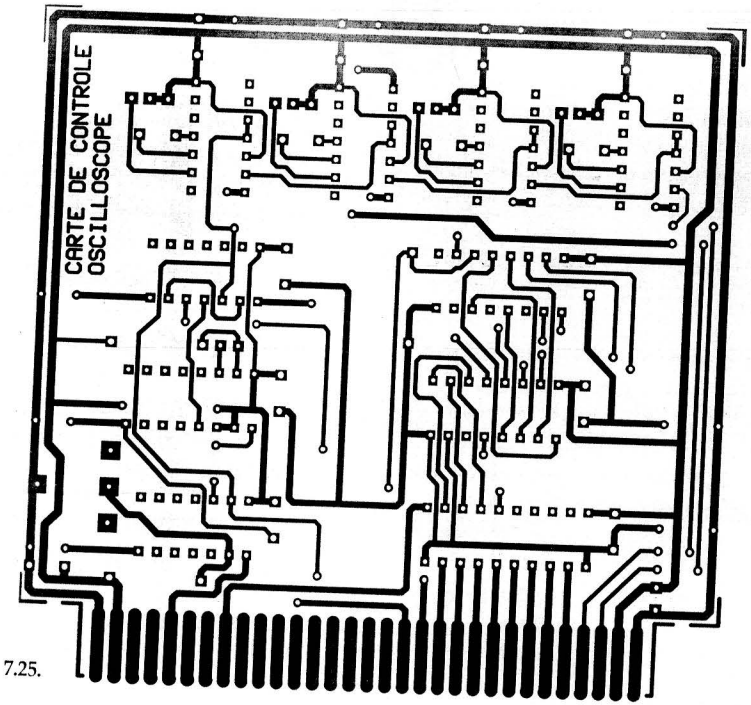


Figure 7.25.

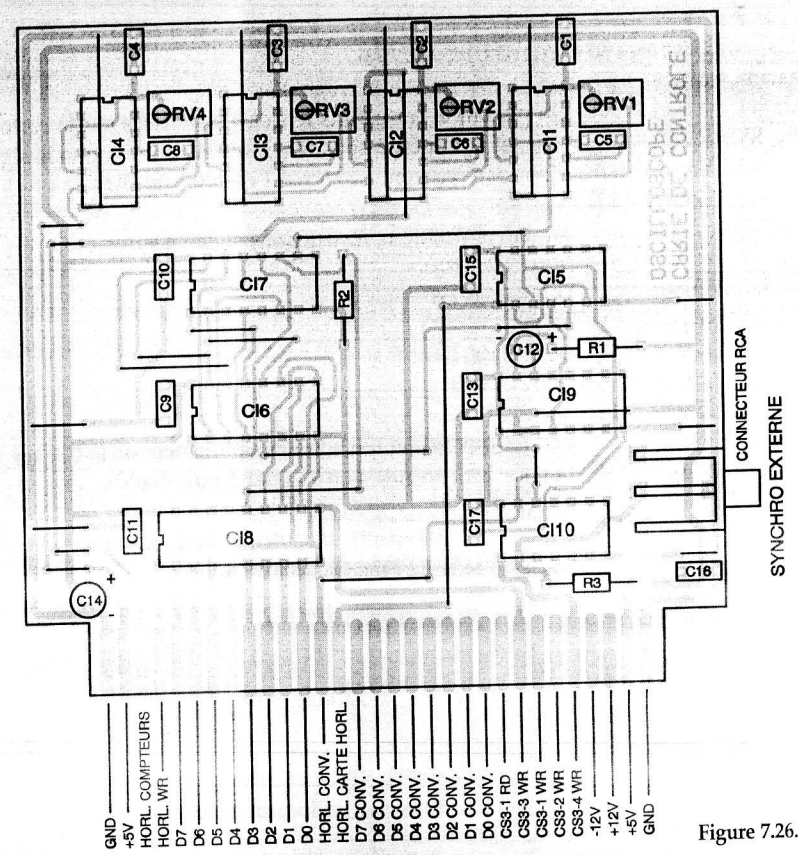
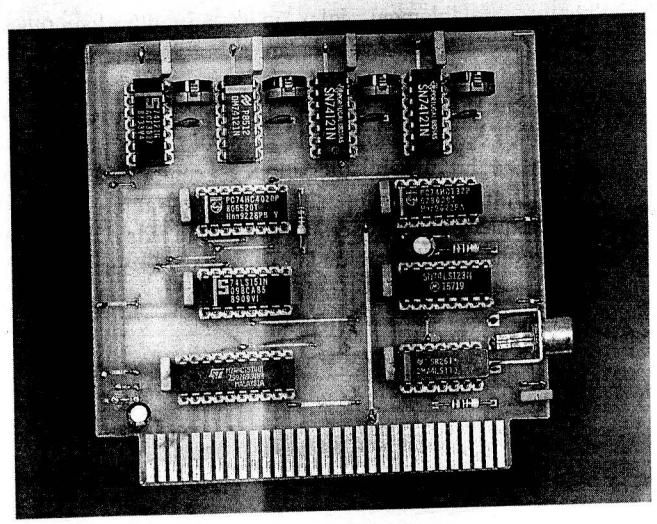


Figure 7.26.



Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1, CI_2, CI_3,
CI_4 : 74121,
CI_5 : 74LS32 ou 74HCT32,
CI_6 : 74LS151 ou 74HCT151,
CI_7 : 74HCT4020,
CI_8 : 74HCT574,
CI_9 : 74LS123,
CI_{10} : 74LS11.

Résistances :
R_1, R_2, R_3 : 10 kΩ (marron, noir, orange),
RV_1, RV_2, RV_3, RV_4 : résistance ajustable 2 kΩ verticale.

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3, C_4, C_9, C_{10}, C_{11}, C_{13}, C_{15}, C_{16}, C_{17} : 100 nF,
C_5, C_6, C_7, C_8 : 82 pF,
C_{12}, C_{14} : 47 µF 16 V.

Divers :
6 supports pour circuit intégré 14 broches,
3 supports pour circuit intégré 16 broches,
1 support pour circuit intégré 20 broches,
1 connecteur RCA femelle pour circuit imprimé.

Les réglages et les essais de la carte de contrôle

On placera la carte dans le slot restant libre sur la carte de base, et l'on mettra sous tension. On vérifiera que le signal d'horloge parvient à l'entrée 1 de la porte OU CI_5A.

Par envoi des deux instructions suivantes :

```
OUT &H30E, 255
SLEEP 5
OUT &H30E, 0
END
```

on vérifiera le bon fonctionnement de la bascule CI_8, en testant ses huit sorties (état 1 puis état 0).

On constatera ensuite le déclenchement du monostable CI_9A, à l'aide de l'instruction :

```
OUT &H30F, 1 : OUT &H30F,0
```

On saisira ensuite le programme suivant :

```
OUT &H30E,8
OUT &H30E,0 : REM RAZ du compteur binaire
OUT &H30E, 7 : REM demande de 4096 échantillons
OUT &H30F,1
OUT &H30F,0 : REM déclenchement monostable et échantillonnage
```

On aura préalablement régler la fréquence d'horloge (voir parties précédentes). Avant le lancement du programme, il faudra connecter la sortie 3 de CI_5A à l'entrée d'une sonde logique ou d'un oscilloscope. Lorsque l'on arrivera au terme de l'échantillonnage, la sortie de cette porte OU devra passer au niveau haut. Si tout est conforme à ce qui a été décrit, on pourra alors charger le programme présent sur la disquette et procéder à des essais à l'aide d'un générateur connecté à l'entrée de la carte convertisseur.

CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	Platine des alimentations des cartes externes	17
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29
4	Cartes multifonctions	45
5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79
6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97

8 ANALYSEUR LOGIQUE SUR ORDINATEUR PC

A - La carte de l'étage d'entrée 152
Schéma de principe de la carte d'entrée de l'analyseur logique 153
Réalisation pratique de la carte de l'étage d'entrée 157
B - La carte de prélèvement des signaux 165
Schéma de principe de la carte 165
Réalisation pratique 168

9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171
10	Utilisation des capteurs	187
11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211
	Annexes	223

A - La carte de l'étage d'entrée

L'analyseur logique permet d'obtenir sous forme visuelle la trace de huit signaux numériques provenant d'un circuit quelconque. On voit immédiatement l'utilité d'un tel appareil lorsque l'on met au point un circuit digital et que 'on rencontre quelques difficultés pour l'obtention d'un fonctionnement correct.

Le fonctionnement de notre analyseur logique repose sur la prise d'un certain nombre d'échantillons à une vitesse bien définie qui sera comprise entre 250 et 1 M échantillons par seconde. On remarque que c'est la vitesse d'échantillonnage de l'oscilloscope dont la description a été donnée dans le chapitre précédent. En effet, il suffit de remplacer la carte d'entrée à convertisseur analogique-digital de l'oscilloscope par une carte d'entrée numérique pour transformer ce dernier en analyseur logique. C'est ce que nous avons fait et cela en a énormément simplifié la réalisation. Nous obtenons alors un fonctionnement qui suit le **principe suivant** :

1. la carte d'entrée : les huit signaux prélevés sur le circuit en test se retrouvent aux sorties d'une bascule dont la validation est assurée par un signal d'horloge. Le déclenchement de la prise d'échantillons peut être assuré par quatre signaux distincts :
   un flanc positif,
   un flanc négatif,
   un octet de valeur définie,
   un flanc généré par logiciel ;

2. la carte de prélèvement des signaux, qui assure l'interface entre la carte d'entrée et le circuit à tester ;

3. la carte mémoire qui stocke les données ;

4. la carte horloge qui produit le signal d'échantillonnage ;

5. la carte de contrôle qui génère les différents signaux.

Ces trois dernières cartes (3, 4 et 5) ont été décrites en détail dans le chapitre 7 et nous ne reviendrons donc pas sur le principe de leur fonctionnement dans la description de l'analyseur logique. Elles remplissent effectivement les mêmes fonctions que dans l'oscilloscope.

SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE D'ENTRÉE DE L'ANALYSEUR LOGIQUE

Le schéma de principe est donné en figure 8.1. Il se décompose en deux circuits principaux : le circuit de déclenchement et le circuit de prise d'échantillons.

Les huit signaux prélevés sur le circuit à tester sont appliqués aux huit entrées d'une octuple bascule, CI_1(74HCT574). L'entrée clock de cette bascule reçoit les impulsions d'horloge. A chacune de ces dernières, les états logiques des signaux présents aux entrées se trouvent mémorisés à l'intérieur du circuit. Afin que ces niveaux apparaissent aux broches de sorties correspondantes de la bascule, il est nécessaire que sur l'entrée de validation OC. soit appliqué un niveau bas. Ce signal provient de la sortie Q. d'un monostable redéclenchable 74LS123 (CI_2A). Son entrée de déclenchement B reçoit également le signal d'horloge, et sa constante de temps est réglée de telle manière que tant que dure l'application des impulsions d'horloge, sa sortie Q. se trouvera au niveau logique bas.

La sortie Q qui passe au niveau haut pendant le même temps, commande la mise en conduction d'un transistor (T_1, BC237) dont le collecteur alimente la diode DEL_1 qui signale par son illumination la phase de prise des échantillons.

Les huit lignes de sortie de la bascule CI_1 sont connectées à la carte mémoire qui stockera les données. Afin que le cycle d'écriture débute, un flanc négatif doit être appliqué à l'entrée de la carte de contrôle. Ce flanc peut être produit par logiciel pour une visualisation simple des différents signaux. Mais la plupart du temps, il sera plus intéressant et plus logique de prélever cette impulsion sur le montage auquel seront connectées les lignes d'entrées. En effet, on pourra ainsi observer les différents états logiques en différents points du circuit à partir d'un instant donné, comme par exemple l'état des lignes de sortie d'un compteur après la première impulsion d'horloge, ou la durée de fonctionnement d'un monostable après l'application de l'impulsion de déclenchement. De plus, à l'aide de l'entrée de déclenchement par mot, on pourra visualiser le fonctionnement d'un circuit lorsqu'en huit (ou moins) points de celui-ci seront appliqués huit (ou moins) niveaux logiques bien définis.

Figure 8.1.

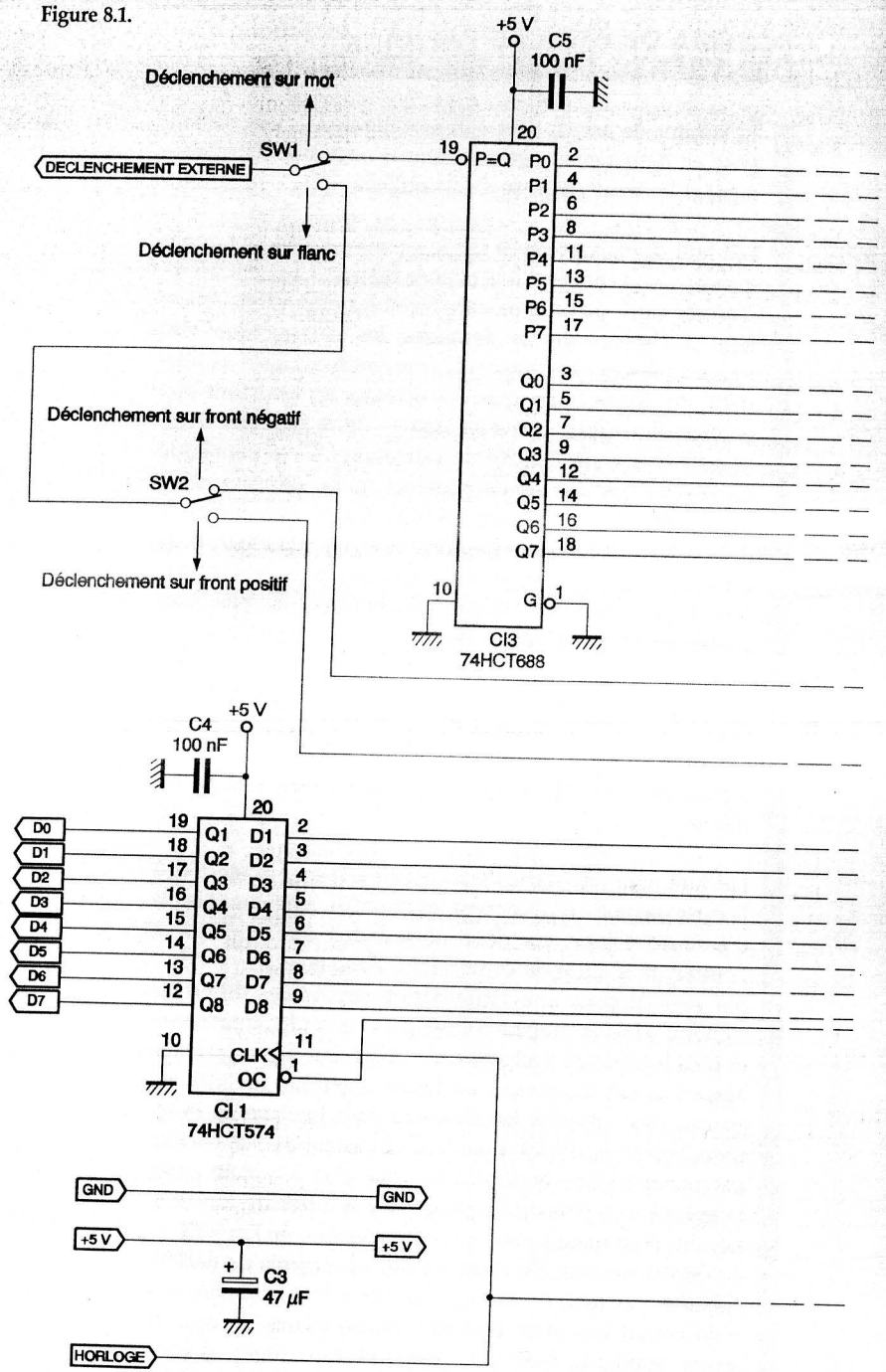
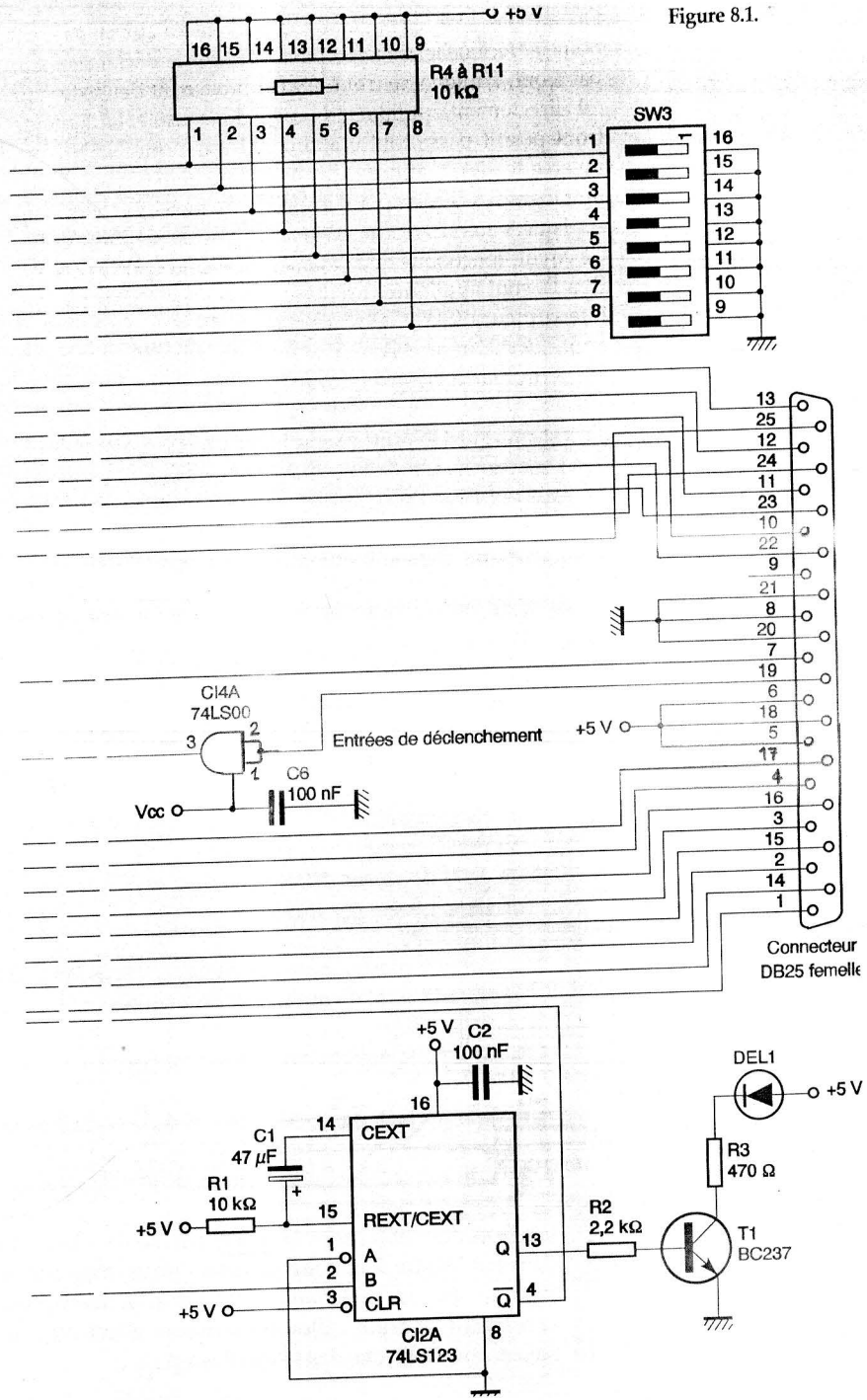


Figure 8.1.

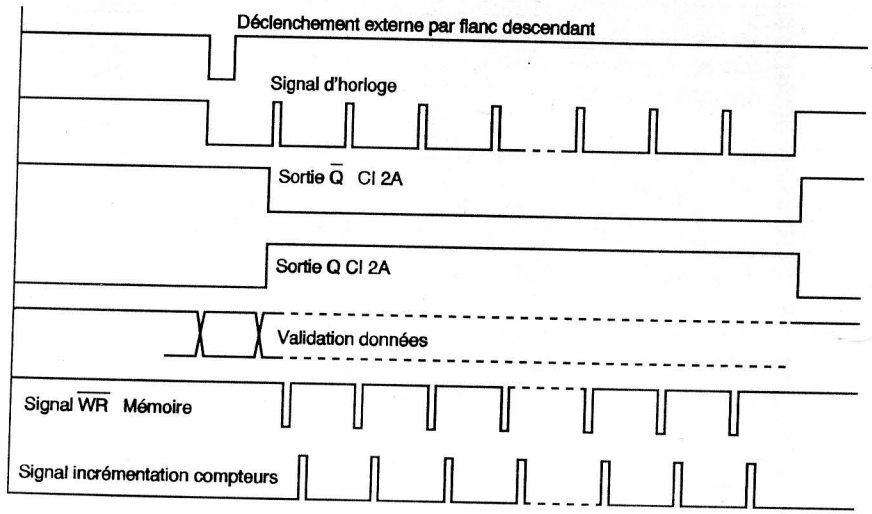


On dispose à cet effet de 10 lignes d'entrée sur la carte : 8 pour le déclenchement par mot et 2 pour le déclenchement par front. La ligne de front négatif provenant de l'extérieur est directement appliqué à la carte de contrôle. La ligne de front positif passe tout d'abord par une porte NAND qui inverse le signal afin de disposer d'un signal négatif. Les huit lignes utilisées pour le déclenchement par mot sont appliquées aux huit entrées d'un comparateur (CI_3,74HCT688). Ce circuit fonctionne de la manière suivante : sur les entrées P_0 à P_7 sont appliqués des niveaux qui sont définis par des interrupteurs (SW_3). Des résistances de rappel (R_4 à R_{11}) appliquent un niveau haut sur chaque entrée lorsque l'interrupteur correspondant est sur OFF.

S'il est mis sur ON, un niveau bas est alors présent sur la ligne concernée. On définit ainsi manuellement le mot qui devra être présent aux entrées Q_0 à Q_7, pour obtenir un passage au niveau bas de la sortie P = Q du comparateur, et donc le flanc descendant nécessaire au démarrage de l'échantillonnage.

Deux interrupteurs, SW_1 et SW_2, permettent de choisir le type de déclenchement souhaité : SW_2 donne le choix entre un flanc ascendant ou un flanc descendant ; SW_1 donne le choix entre un déclenchement par front ou un déclenchement par mot.

Figure 8.2.



Toutes les lignes d'entrée sont disponibles sur un connecteur DB25 broches, sur lequel est également disponible la tension d'alimentation de + 5 V qui sera utilisée par la carte de prélèvement des signaux que nous verrons dans la prochaine partie.

Le diagramme de la figure 8.2 montre le fonctionnement d'ensemble de l'analyseur à partir du déclenchement externe par front descendant.

RÉALISATION PRATIQUE DE LA CARTE DE L'ÉTAGE D'ENTRÉE

Le dessin du circuit imprimé est représenté en figure 8.3. Il comporte un nombre restreint de straps ; c'est pourquoi nous ne proposons pas cette fois de circuit imprimé double face. On utilisera le dessin donné en figure 8.4 et qui représente le schéma d'implantation des composants afin de câbler la platine.

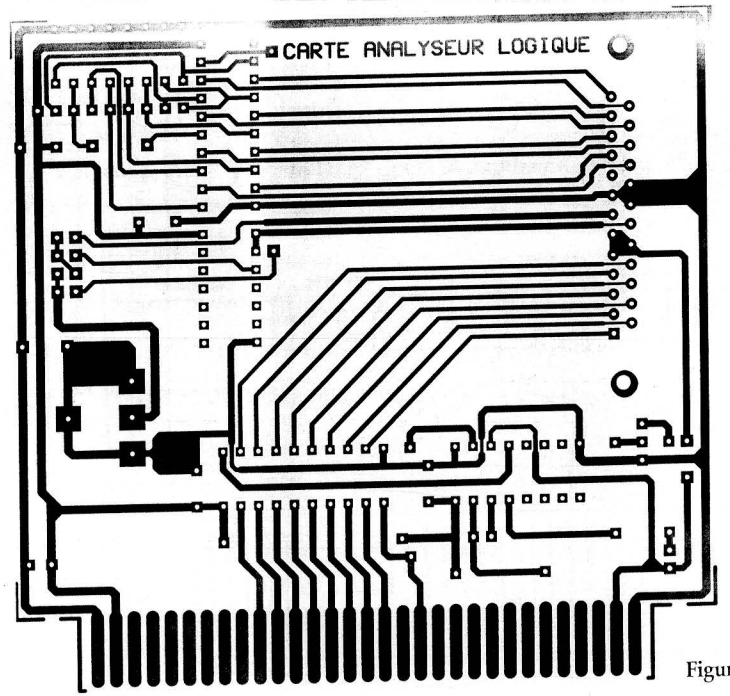


Figure 8.3.

Liste des composants

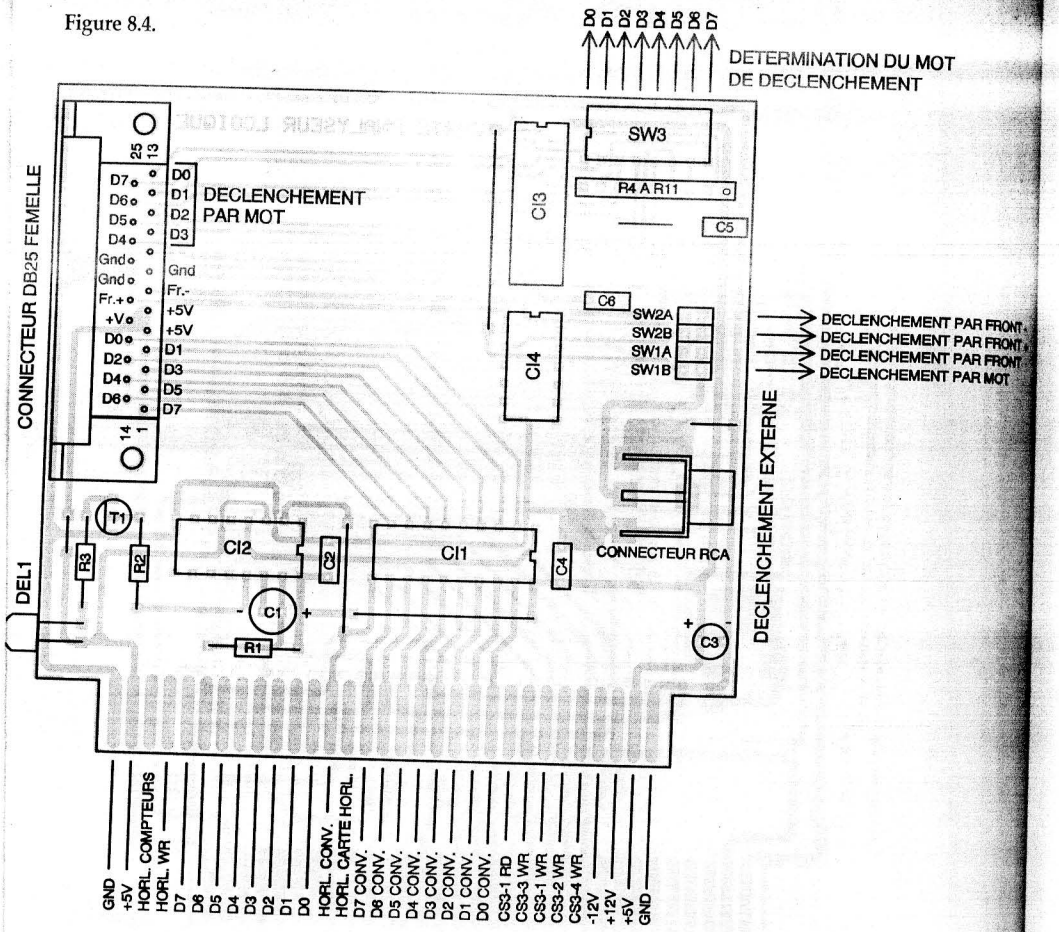
Circuits intégrés :
CI_1 : 74HCT574,
CI_2 : 74LS123,
CI_3 : 74HCT688,
CI_4 : 74LS00 ou 74HCT00.

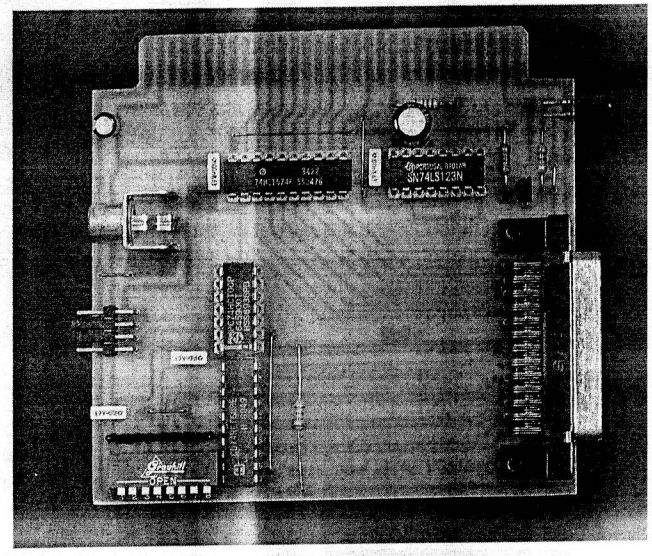
Semi-conducteurs :
T_1 : BC237,
DEL_1 : diode électroluminescente rouge.

On implantera d'abord les straps et le connecteur DB25 broches femelle pour circuit imprimé. Les circuits intégrés seront placés sur support sauf CI_3. En effet, suivant le type d'interrupteur SW_3, il y a de fortes chances que le support n'est pas assez d'espace pour être soudé.

Les résistances R_4 à R_{11} seront de type intégrées dans un réseau à neuf pattes. La sortie de déclenchement externe qui devra être connectée à la carte de contrôle sera disponible sur un connecteur de type RCA femelle pour circuit imprimé. Le câblage achevé, on passera à la vérification minutieuse des soudures. On constatera également l'absence de microcoupures ou de courts-circuits.

Figure 8.4.





Les essais de la carte de l'étage d'entrée

A l'aide d'un générateur de fonctions commuté en sortie signal carré, on injectera ce signal d'une fréquence approximative de 1 kHz à l'entrée de la carte. On vérifiera le déclenchement du monostable CI_2A par observation de ses sorties Q et Q/. La diode DEL1 devra s'illuminer. On reliera ensuite toutes les entrées Q du comparateur à la masse. En positionnant les différents interrupteurs de SW_3 sur ON (masse connectée), la sortie P = Q devra présenter un niveau logique bas.

La carte de l'étage d'entrée sera alors insérée sur la carte de base à la place du convertisseur.

On saisira ensuite le programme suivant ou on le chargera dans l'ordinateur à l'aide de la disquette.

```
REM ****** PROGRAMME ANALYSEUR ******
REM ****** INTERFACE GRAPHIQUE ******
CLS
GOSUB programme
END
programme :
```

Résistances :
R_1 : 10 kΩ (marron, noir, orange),
R_2 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge),
R_3 : 470 Ω (jaune, violet, marron),
R_4 à R_{11} : réseau de résistances 10 kΩ.

Condensateurs :
C_1, C_3 : 47 µF 16 V,
C_2, C_4, C_5, C_6 : 100 nF.

Divers :
1 connecteur DB25 broches femelle pour circuit imprimé,
1 connecteur RCA femelle pour circuit imprimé,
1 réseau de 8 commutateurs (DIP SWITCHES),
2 morceaux de barrettes sécables à picots à 4 points,
2 cavaliers,
1 support pour circuit intégré 20 broches,
1 support pour circuit intégré 16 broches,
1 support pour circuit intégré 14 broches.

```
CLS
LOCATE 1, 30 : PRINT "A N A L Y S E U R"
LOCATE 2, 30 : PRINT "_____"
LOCATE 5, 3 : PRINT "VITESSE D'ECHANTILLONNAGE"
LOCATE 5, 30 : PRINT "0 —> 250 . s"
LOCATE 6, 30 : PRINT "1 —> 500 . s"
LOCATE 7, 30 : PRINT "2 —> 1000 . s"
LOCATE 8, 30 : PRINT "3 —> 2500 . s"
LOCATE 9, 30 : PRINT "4 —> 5k . s"
LOCATE 10, 30 : PRINT "5 —> 10k . s"
LOCATE 11, 30 : PRINT "6 —> 25k . s"
LOCATE 12, 30 : PRINT "7 —> 50k . s"
LOCATE 13, 30 : PRINT "8 —> 100k . s"
LOCATE 14, 30 : PRINT "9 —> 250k . s"
LOCATE 15, 30 : PRINT "10 —> 500k . s"
LOCATE 16, 30 : PRINT "11 —> 1M . s"
LOCATE 17, 30 : PRINT "13 —> HORLOGE EXTERNE"
LOCATE 19, 3 : PRINT "CHOISIR LA VITESSE SOUHAITEE"
LOCATE 21, 3 : INPUT "ENTRER LA VALEUR : ", f
CLS
LOCATE 1, 28 : PRINT "ANALYSEUR"
LOCATE 2, 28 : PRINT "_____"
LOCATE 5, 3 : PRINT "NOMBRE DE MESURES"
LOCATE 5, 30 : PRINT "0 —> 32 MESURES"
LOCATE 6, 30 : PRINT "1 —> 64 MESURES"
LOCATE 7, 30 : PRINT "2 —> 128 MESURES"
LOCATE 8, 30 : PRINT "3 —> 256 MESURES"
LOCATE 9, 30 : PRINT "4 —> 512 MESURES"
LOCATE 10, 30 : PRINT "5 —> 1024 MESURES"
LOCATE 11, 30 : PRINT "6 —> 2048 MESURES"
LOCATE 12, 30 : PRINT "7 —> 4096 MESURES"
LOCATE 14, 3 : PRINT "CHOISIR LE NOMBRE DE MESURES"
LOCATE 16, 3 : INPUT "ENTRER LE NOMBRE DE MESURES ", n
LOCATE 20, 3 : PRINT "RETURN POUR NON ET 1 POUR OUI"
LOCATE 18, 3 : INPUT "TEMPORISATION ENTRE CHAQUE AFFICHA-
GE ?", s
IF s = 1 THEN GOSUB temps
SLEEP 1
OUT &H30C, f
OUT &H30D, 2 : OUT &H30D, 0 : REM raz compteurs
OUT &H30D, 4 : REM validation entre horloge
OUT &H30E, 15 : OUT &H30E, n : REM raz compteurs et nombre de
mesures
CLS
LOCATE 12, 8
INPUT "DECLENCHEMENT LOGICIEL —> 0 OU DECLENCHEMENT
SUR
```



```
FRONT —> 1 ", d
IF d = 1 THEN LOCATE 14, 8 : PRINT "ATTENDRE L'ALLUMAGE ET
L'EXTINCTION DE LA DEL"
LOCATE 16, 8 : PRINT "APPUYER ENSUITE SUR LA BARRE ' ESPACE '"
IF d = 1 THEN SLEEP
OUT &H30F, 0 : REM déclenchement ,écriture mémoire
CLS
LOCATE 12, 32 : PRINT "PATIENTER ..."
IF f = 0 THEN SLEEP 20
IF f = 1 THEN SLEEP 10
IF f = 2 THEN SLEEP 5
IF f = 3 THEN SLEEP 3
IF f = 4 THEN SLEEP 2
IF f = 5 THEN SLEEP 2
IF f = 6 THEN SLEEP 2
IF f = 7 THEN SLEEP 2
IF f = 8 THEN SLEEP 2
IF f = 9 THEN SLEEP 2
IF f = 10 THEN SLEEP 2
IF f = 11 THEN SLEEP 2
IF f = 12 THEN SLEEP 25
CLS
GOSUB affichage
RETURN
affichage :
OUT &H30D, 2 : OUT &H30D, 0
IF n = 0 THEN m = 32
IF n = 1 THEN m = 64
IF n = 2 THEN m = 128
IF n = 3 THEN m = 256
IF n = 4 THEN m = 512
IF n = 5 THEN m = 1024
IF n = 6 THEN m = 2048
IF n = 7 THEN m = 4096
GOSUB effacement
FOR p = 1 TO 80 STEP 10
LOCATE 17, p : PRINT "|" ;
LOCATE 15, p : PRINT "|"
LOCATE 13, p : PRINT "|" ;
LOCATE 11, p : PRINT "|"
LOCATE 9, p : PRINT "|" ;
LOCATE 7, p : PRINT "|"
LOCATE 5, p : PRINT "|" ;
LOCATE 3, p : PRINT "|"
NEXT p
LOCATE 18, 1 : PRINT "0"
IF f = 0 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "250 ECHANTILLONS /s -
```

```
4ms"
IF f = 1 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "500 ECHANTILLONS /s -
2ms"
IF f = 2 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "1000 ECHANTILLONS /s -
1ms"
IF f = 3 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "2500 ECHANTILLONS /s -
400µs"
IF f = 4 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "5k ECHANTILLONS /s -
200µs"
IF f = 5 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "10k ECHANTILLONS /s -
100µs"
IF f = 6 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "25k ECHANTILLONS /s -
40µs"
IF f = 7 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "50k ECHANTILLONS /s -
20µs"
IF f = 8 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "100k ECHANTILLONS /s -
10µs"
IF f = 9 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "250k ECHANTILLONS /s -
4µs"
IF f = 10 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "500k ECHANTILLONS /s -
2µs"
IF f = 11 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "1M ECHANTILLONS /s -
1µs"
IF f = 12 THEN LOCATE 20, 1 : PRINT "HORLOGE EXTERNE"
GOSUB graduations
OUT &H30D, 3 : OUT &H30D, 1
LOCATE 1, 8
PRINT "APPUYER SUR ' ESPACE ' ENTRE CHAQUE PAGE POUR PASSER
A LA SUIVANTE"
SLEEP 1
x = 1
FOR d = 1 TO m
LOCATE 20, 35 : PRINT d ; : LOCATE 20, 43 : PRINT "MESURES /" ;
: PRINT m ;
PRINT " " ; : PRINT x ;
OUT &H30D, 5 : OUT &H30D, 1
O = INP(&H30C)
b = O AND 1
IF b = 0 THEN LOCATE 2, x : PRINT "_" ;
IF b = 1 THEN LOCATE 2, x : PRINT "-" ;
O = INP(&H30C)
b = O AND 2
IF b = 0 THEN LOCATE 4, x : PRINT "_" ;
IF b = 2 THEN LOCATE 4, x : PRINT "-" ;
O = INP(&H30C)
b = O AND 4
IF b = 0 THEN LOCATE 6, x : PRINT "_" ;
```



```
IF b = 4 THEN LOCATE 6, x : PRINT "-" ;
O = INP(&H30C)
b = O AND 8
IF b = 0 THEN LOCATE 8, x : PRINT "_" ;
IF b = 8 THEN LOCATE 8, x : PRINT "-" ;
O = INP(&H30C)
b = O AND 16
IF b = 0 THEN LOCATE 10, x : PRINT "_" ;
IF b = 16 THEN LOCATE 10, x : PRINT "-" ;
O = INP(&H30C)
b = O AND 32
IF b = 0 THEN LOCATE 12, x : PRINT "_" ;
IF b = 32 THEN LOCATE 12, x : PRINT "-" ;
O = INP(&H30C)
b = O AND 64
IF b = 0 THEN LOCATE 14, x : PRINT "_" ;
IF b = 64 THEN LOCATE 14, x : PRINT "-" ;
O = INP(&H30C)
b = O AND 128
IF b = 0 THEN LOCATE 16, x : PRINT "_" ;
IF b = 128 THEN LOCATE 16, x : PRINT "-" ;
x = x + 1
IF s = 1 THEN GOSUB temporisation
IF x = 81 THEN SLEEP
IF x = 81 THEN GOSUB effacement
IF x = 81 THEN x = 1
NEXT d
GOSUB choix
temps :
LOCATE 22, 3 : PRINT "0 POUR AVANCE PAS A PAS OU CHIFFRE EN
SECONDES"
LOCATE 24, 3 : INPUT "ENTRER LA DUREE DE TEMPORISTION ", t
RETURN
choix :
LOCATE 22, 1 : PRINT "1 —> AUTRE MESURE"
LOCATE 23, 1 : PRINT "2 —> QUITTER"
LOCATE 24, 1 : INPUT "ENTRER VOTRE CHOIX : ", w
IF w = 1 THEN GOTO programme
IF w = 2 THEN GOSUB fin
IF w <> 1 OR w <> 2 THEN GOTO choix
RETURN
graduations :
LOCATE 18, 10
PRINT "X10 X20 X30 X40 X50 X60
X70"
RETURN
effacement :
```

```
FOR y = 1 TO 80
LOCATE 2, y : PRINT " " ;
LOCATE 4, y : PRINT " " ;
LOCATE 6, y : PRINT " " ;
LOCATE 8, y : PRINT " " ;
LOCATE 10, y : PRINT " " ;
LOCATE 12, y : PRINT " " ;
LOCATE 14, y : PRINT " " ;
LOCATE 16, y : PRINT " " ;
NEXT y
RETURN
temporisation :
SLEEP t
RETURN
fin :
SLEEP 1
CLS
END
```

Ce programme permet le déclenchement de l'analyseur logique à l'aide d'une impulsion générée par logiciel ou par une impulsion externe. On choisira l'option à l'aide du menu. Avant le lancement de l'échantillonnage, on reliera par exemple les trois premières entrées à la masse (D_0, D_1 et D_2), et la trace reconstituée devra montrer ces trois entrées au niveau bas, alors que les cinq autres seront au niveau haut. Ce sera la confirmation du bon fonctionnement de votre analyseur logique.

B - La carte de prélèvement des signaux

La carte de prélèvement des signaux sur le circuit en cours de tests servira d'interface avec la carte de l'étage d'entrée afin de disposer d'échantillons ayant subi une amplification et exempts de tout parasite. Si nous raccordions les câbles de prélèvement des signaux directement sur la carte de l'étage d'entrée, ils seraient obligatoirement d'une longueur non négligeable et ils seraient alors susceptibles d'agir comme récepteurs de toutes sortes de perturbations. Par l'utilisation d'une carte d'interface, ces problèmes sont éliminés puisque les câbles seront alors limités à une longueur de 20 à 30 cm.

SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE

Le schéma de principe est représenté en figure 8.5. Il ne fait appel qu'à deux circuits intégrés, CI_1 et CI_2, qui sont des octuples amplificateurs de bus 74HCT541, capables de fournir un courant relativement important. Les entrées de validation G_1. et G_2. des deux circuits sont connectées à la masse puisque nous souhaitons disposer en permanence sur leurs broches de sortie des signaux appliqués sur leurs entrées.

CI_1 est réservé à la réception des données qui seront utilisées afin de composer le mot binaire de déclenchement de la prises d'échantillons. On dispose donc de huit entrées qui ne sont pas connectées directement au 74HCT541, mais par l'intermédiaire de résistances possédant une valeur de 100 Ω. A la sortie de ces résistances sont disposées des diodes zéner de 4,7 V destinées à limiter la tension appliquée aux entrées du circuit en cas d'erreur de branchement. Le niveau de cette tension ne pourra donc jamais excéder 4,7 V, ce qui est une précaution sage.

Nous trouvons ensuite les deux entrées de déclenchement : l'une est réservée au front positif, et l'autre au front négatif. Les huit entrées suivantes, voie 1 à voie 8, sont destinées à l'entrée des signaux qui seront prélevés sur le circuit en essai, dans le but d'être échantillonnés. Elles sont connectées au deuxième amplificateur, CI_2. Comme précédemment, des résistances et des diodes limitent la tension d'entrée à 4,7 V. Enfin, la masse qui sera à raccorder au circuit

Figure 8.5.

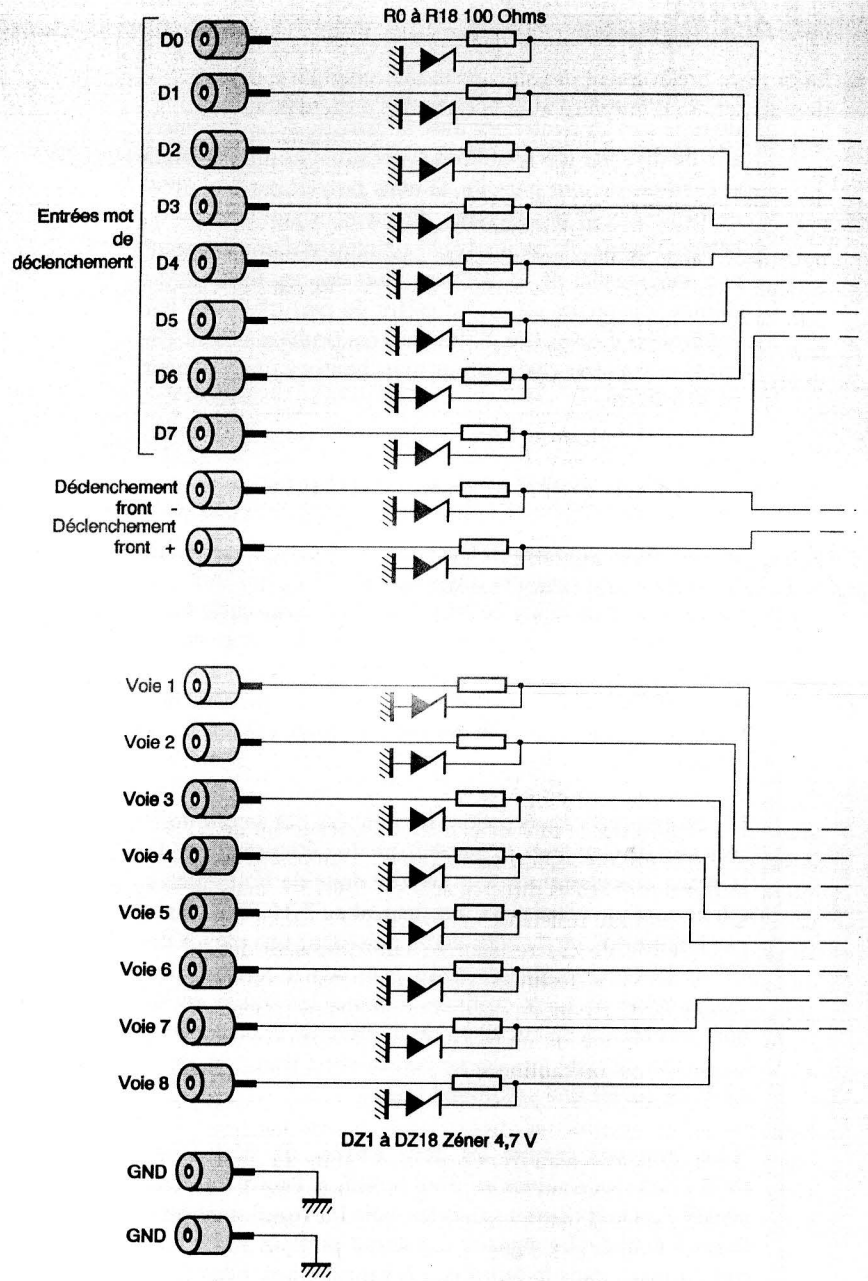
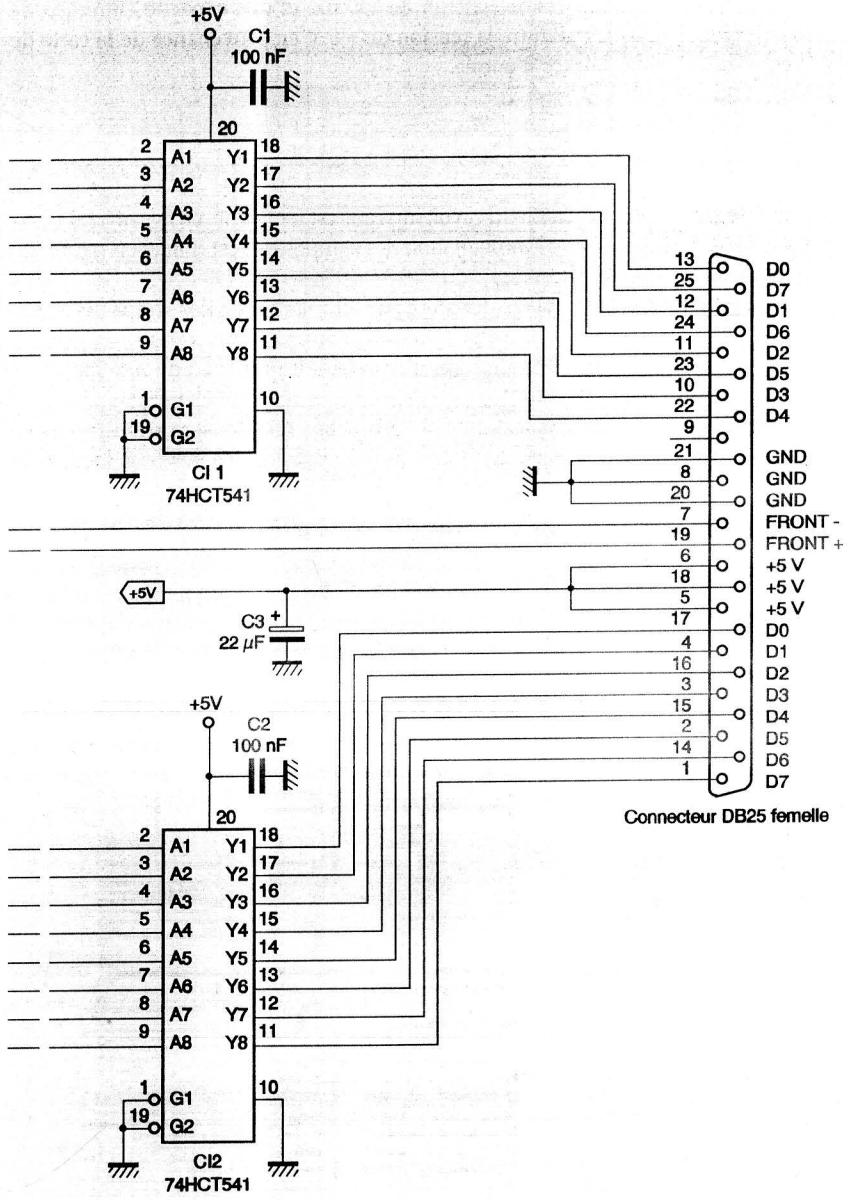


Figure 8.5.



est disponible en deux points.CI_1 et CI_2 sont découplés par des condensateurs de 100 nF, et une capacité chimique de 22 µF filtre la tension de + 5 V en provenance de la carte de l'étage d'entrée.

Liste des composants

RÉALISATION PRATIQUE

Circuits intégrés :
CI_1, CI_2 : 74HCT541.

Semi-conducteurs :
DZ_1 à DZ_{18} : zéner 4,7 V 0,4 W.

Résistances :
R_1 à R_{18} : 100 Ω (marron, noir, marron) à 220 Ω (rouge, rouge, marron).

Le dessin du circuit imprimé est représenté en figure 8.6. Le dessin de l'implantation des composants est donné en figure 8.7.

Le câblage débutera par l'implantation des straps peu nombreux. C'est pourquoi nous ne proposons pas ici la possibilité de réalisation d'un circuit imprimé en double face.

Le connecteur DB 25 broches femelle sera ensuite mis en place. A ce propos, afin de pouvoir insérer plus facilement les nombreuses broches de ce dernier dans les trous pratiqués avant l'opération de soudures, il convient d'effectuer le perçage à un diamètre de 1 mm. et non 8/10 mm.

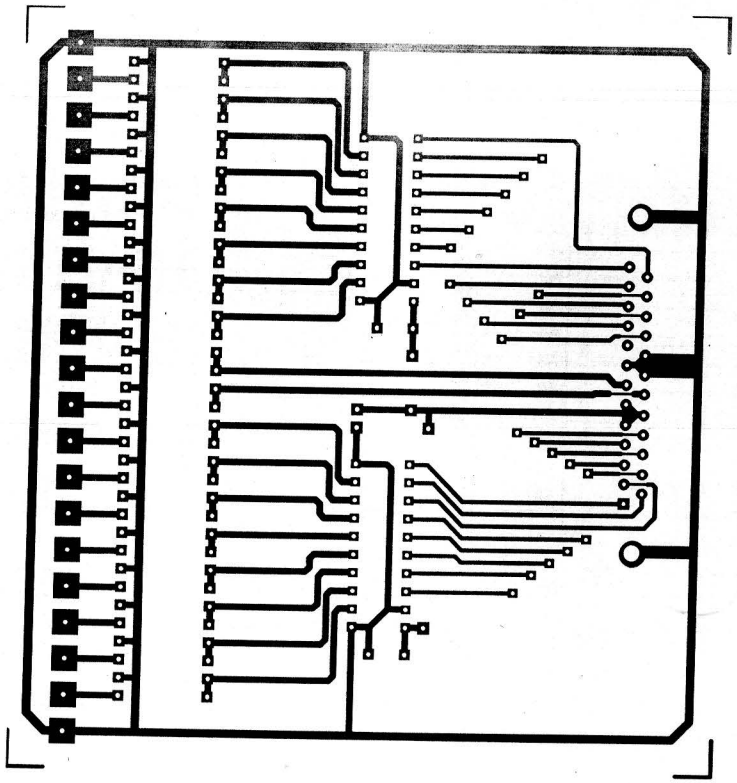


Figure 8.6.

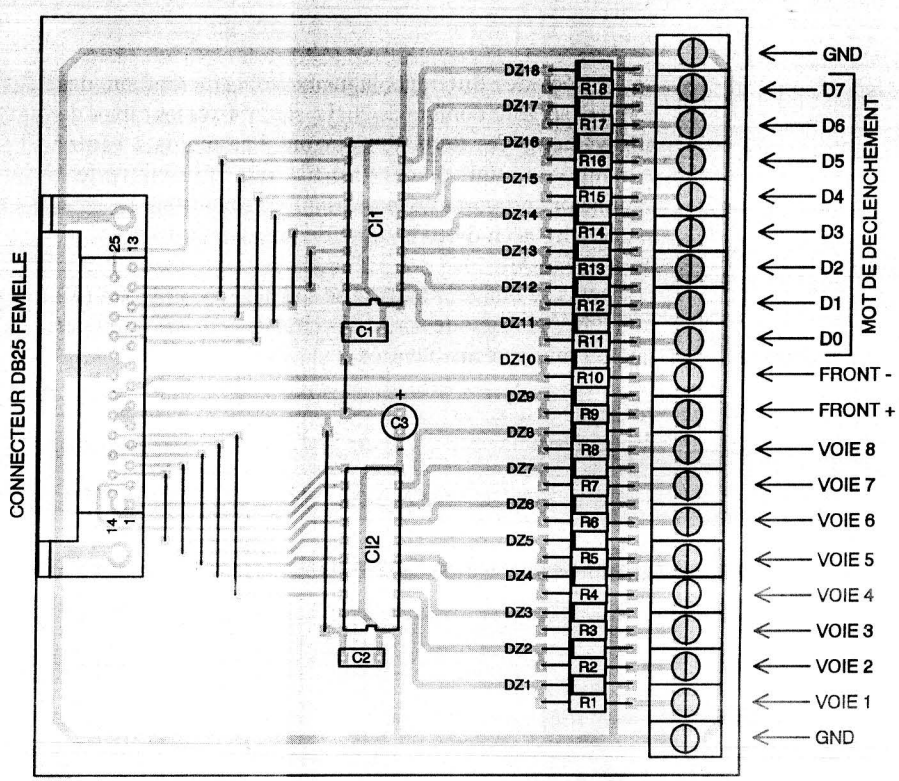
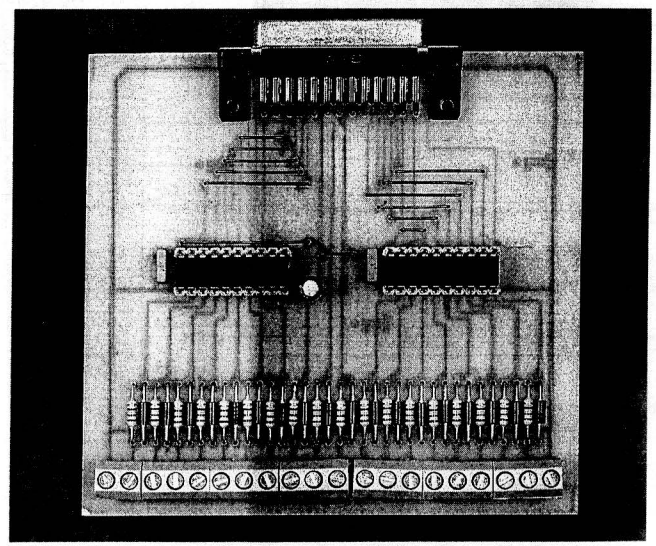


Figure 8.7.



Condensateurs :
C_1, C_2 : 100 nF,
C_3 : 22 µF 16 V.

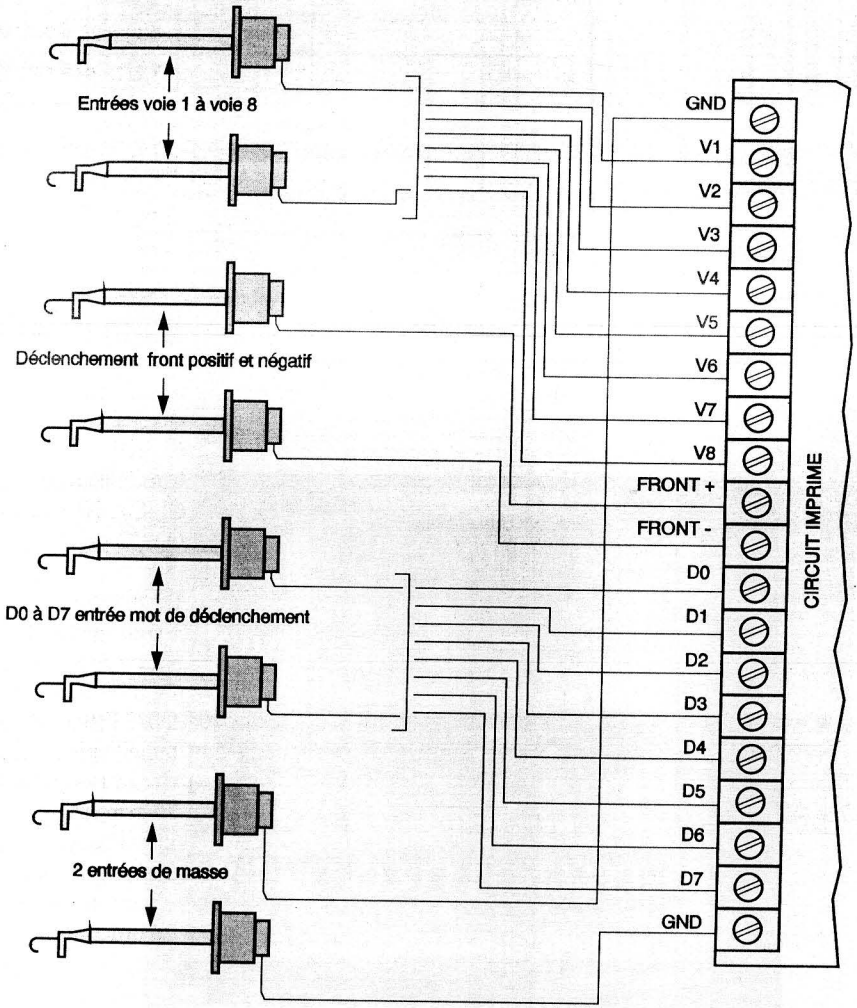
Divers :
10 borniers à vis à 2 points,
1 connecteur DB25 BROCHES femelle pour circuit imprimé,
20 grip-fils miniatures,
2 supports pour circuit intégré 20 broches.

On placera les circuits intégrés sur des supports.

Les entrées des différents signaux s'effectueront sur des borniers à vis au nombre de 20. Là seront fixés les câbles de prélèvement. Ces derniers pourront être munis à l'autre extrémité de mini- pinces grip fils, d'un prix de revient minime par rapport aux services qu'elles rendront. La figure 8.8 indique en détail la façon de procéder.

Les essais se limiteront à la mise sous tension et à la vérification des niveaux de sortie des circuits amplificateurs par rapport aux niveaux d'entrée.

Figure 8.8.



CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	Platine des alimentations des cartes externes	17
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29
4	Cartes multifonctions	45
5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79
6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151

9 UNE CARTE DE MESURE À CONVERTISSEUR ANALOGIQUE-DIGITAL 10 BIS

Le convertisseur AD7579 172
Schéma théorique 176
Réalisation pratique 181

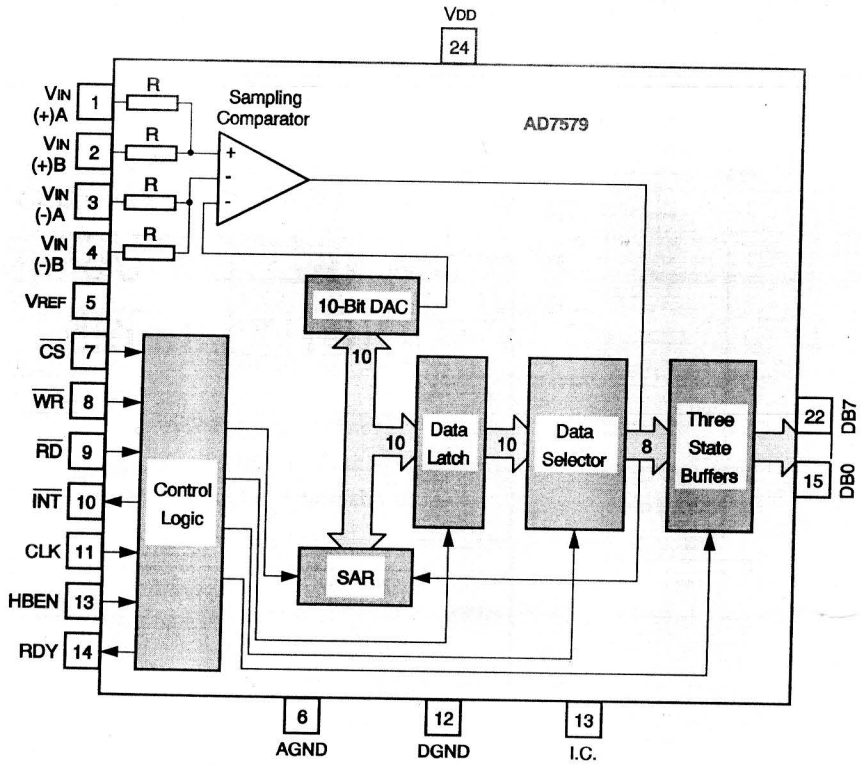
10	Utilisation des capteurs	187
11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211
	Annexes	223

Afin que des tensions que l'on désire mesurer le soit le plus précisément possible, il est nécessaire d'utiliser, comme nous avons pu le voir auparavant, un convertisseur traitant les tensions d'entrée sur 10 bits, ce qui donne une résolution de 4,88 mV dans le pire des cas. Certains puristes trouveront cette valeur encore trop élevée. Pour notre part, nous pensons plus humblement que nous obtiendrons une précision suffisante dans la plupart des applications, en tout cas en ce qui concerne l'Amateur électronicien. Nous aurions en effet pu utiliser un convertisseur 12 bits ce qui aurait porter la résolution à 1,22 mV, mais aurait du même coup multiplier le prix du composant par quatre ou cinq et engendré un prix de revient exorbitant pour cette réalisation. Nous n'avons pas juger la chose utile.

LE CONVERTISSEUR AD7579

Le AD7579 est un convertisseur A/D 10 bits utilisant la technique d'approximations successives. Sa représentation schématique est représentée en figure 9.1. Une durée de

Figure 9.1.



20 µs lui est nécessaire afin de convertir une tension d'entrée en un mot de 10 bits. Il fonctionne à l'aide d'une horloge dont la fréquence est de 2,5 MHz maximum. Sa vitesse d'échantillonnage est de 50 kHz, ce qui permet la digitalisation d'un signal d'entrée de fréquence maximale de 25 kHz.

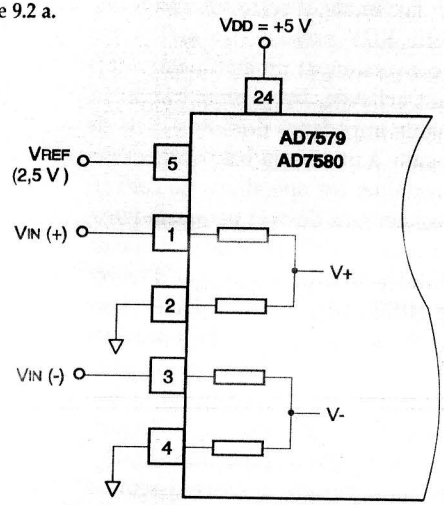
Il est entièrement compatible avec divers microprocesseurs puisqu'il possède cinq broches de contrôle : WR/, RD/, CS/, RDY et INT/. Ces deux dernières fonctions ne seront pas utilisées par notre carte, mais présentent un intérêt certain lorsque la vitesse maximale d'échantillonnage est requise. En effet, la sortie RDY présente un niveau bas durant tout le cycle de conversion, et un état haute impédance lorsque celle-ci est achevée. Inversement la sortie INT/ présente un état haute impédance durant le cycle de conversion, et revient ensuite à un niveau bas. Ceci permet au microprocesseur d'enchaîner les opérations de conversion et de lecture des résultats sans délai et permet la vitesse de conversion maximale. Le AD7579 ne disposant que de huit lignes de données, il lui a été adjoint une ligne d'entrée supplémentaire appelée HBEN (Highs Bits ENable). Lors du processus de lecture, lorsque sur cette ligne est présenté un niveau bas, la lecture du résultat de la conversion porte sur les huit bits de poids faible (D_0-D_7). Lorsqu'un niveau haut lui est appliqué, toujours lors de la phase de lecture, cette dernière concerne les deux bits de poids fort (D_8-D_9). Cela est une chose fort pratique puisque le convertisseur est employé sur un bus huit bits.

Le convertisseur présente deux entrées (V_{in}+ et V_{in}–) qui peuvent être utilisées en mode différentiel, possibilité que nous n'utiliserons pas sur notre maquette. Il dispose d'autre part, et c'est là une caractéristique très intéressante, d'un atténuateur sur chaque entrée, ce qui permet de modifier sans composants externes, la gamme des tensions d'entrée. En figure 9.2*a*, les deux résistances étant mises en parallèle, aucune atténuation n'est effectuée, et la tension maximale d'entrée est fixée à 2,5 V, la tension de référence utilisée par le circuit intégré possédant la même valeur. En figure 9.2*b*, la tension d'entrée étant divisée par deux, la tension maximale acceptable est portée à 5 V. En figure 9.2*c*, l'une des résistances est connectée à la tension de référence, ce qui autorise l'entrée de tensions bipolaires. Dans ces trois cas, l'entrée V_{in}– est bien sûr connectée à la masse puisque nous n'utilisons pas le mode différentiel.

L'impédance d'entrée du convertisseur est de 10 MΩ. Lorsque les atténuateurs sont utilisés, cette impédance tombe à 10 kΩ.

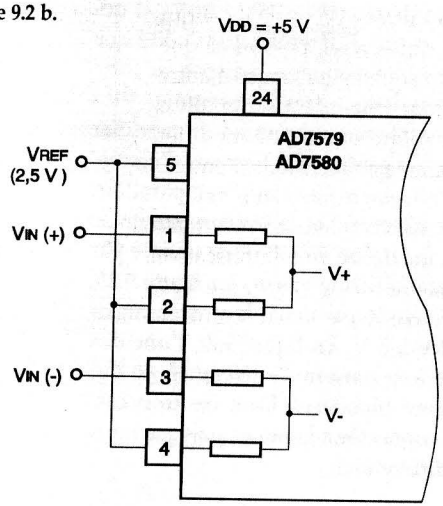
Ces trois possibilités seront exploitées par notre carte, ce qui nous a paru être une option supplémentaire fort intéressante, puisqu'une commutation, fort simple au demeurant, est seulement nécessaire afin de disposer de cette possibilité.

Figure 9.2 a.



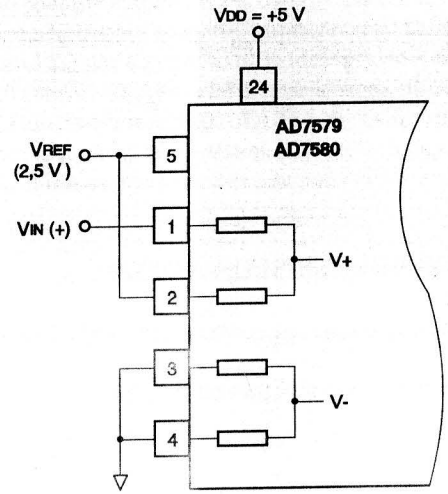
VIN (+) - VIN (-)	OUTPUT CODE
0V	00 0000 0000
0,00488V	00 0000 0001
2,500V	10 0000 0000
4,99512V	11 1111 1111

Figure 9.2 b.



VIN (+) - VIN (-)	OUTPUT CODE
0V	00 0000 0000
0,00488V	00 0000 0001
2,500V	10 0000 0000
4,99512V	11 1111 1111

Pour conclure cette présentation, signalons un point important. La broche 23 (I.C.) est utilisée en interne par le convertisseur et ne doit pas être utilisée, comme par exemple afin de servir de traversée entre les deux faces d'un circuit imprimé.



VIN (+)	OUTPUT CODE
-2,500V	00 0000 0000
-2,49512V	00 0000 0001
0,00V	10 0000 0000
+2,49512V	11 1111 1111

Figure 9.2 c.

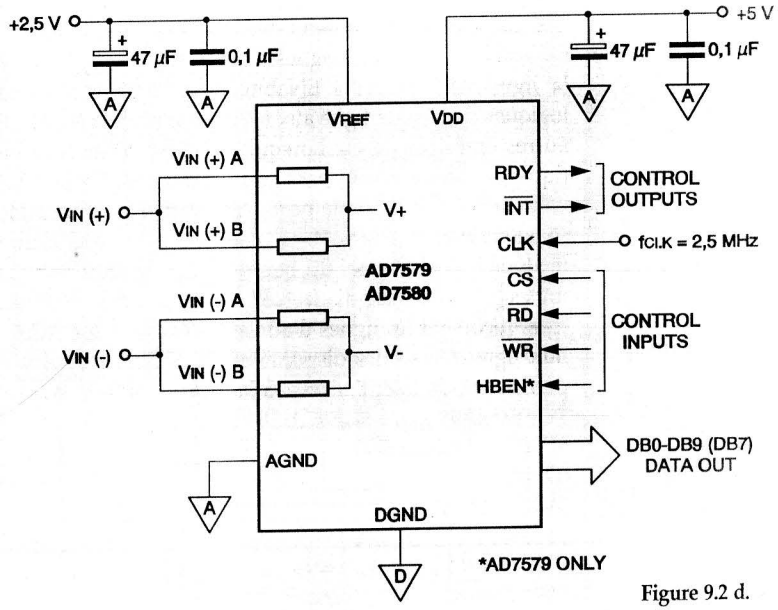


Figure 9.2 d.

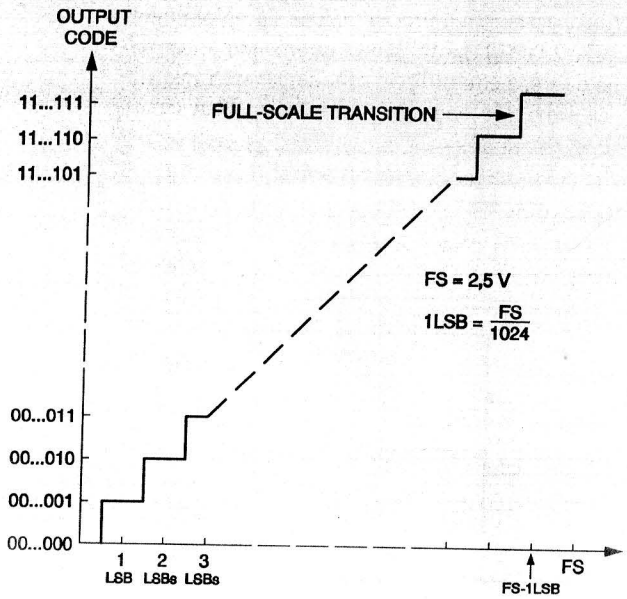


Figure 9.2 e.

SCHÉMA THÉORIQUE

Il est représenté en figure 9.3. La carte utilise une seule adresse dans le domaine réservé du compatible PC. Le décodage est confié à deux circuits intégrés. CI_1 reçoit sur ses entrées Q_0 à Q_7 les lignes d'adresses A_5 à A_{11}, ainsi que la ligne AEN (Adress ENable), et compare les niveaux logiques de chaque ligne aux niveaux appliqués sur ses huit autres entrées P_0 à P_7. Lorsque les deux octets sont identiques, sa ligne P = Q passe au niveau bas. Ce circuit est validé par la sortie de la porte AND (CI_3A) à chaque lecture ou écriture. La ligne P = Q valide d'une part CI_2 (amplificateur bidirectionnel du bus de données) et d'autre part un second décodeur d'adresses, CI_4 (74LS138). Ses trois entrées reçoivent les lignes d'adresses A_2, A_3 et A_4. Ainsi, les huit lignes de sorties disponibles sur le boîtier (Y_0/ à Y_7/) permettent de fixer l'adresse à laquelle se situera la carte :

SW1-1 : H300 à H303
SW1-2 : H304 à H307
SW1-3 : H308 à H30B
SW1-4 : H30C à H30F
SW1-5 : H310 à H313
SW1-6 : H314 à H317

SW1-7 : H318 à H31B
SW1-8 : H31C à H31F

Il conviendra de situer cette carte à un emplacement laissé libre par les montages que nous avons réalisé jusqu'à maintenant.

Comme on le constate, on dispose encore à l'intérieur de chaque adresse, de quatre emplacements disponibles décodés à l'aide de CI_6, un 74LS139 (double décodeur 1 parmi 4). Le premier (CI_6A) est validé par le signal IOWR/ combiné à l'aide d'une porte OU (CI_5B) au signal de validation de la carte (adresse de base déterminé par SW_1). Ses deux entrées d'adresses sont connectées aux lignes A_0 et A_1. Ainsi nous disposons en sortie de deux signaux d'écriture se situant pour le premier à l'adresse de base de la carte, et qui valide CI_7. Le deuxième se trouve à l'adresse de base + 1 et valide CI_9. Les deux sorties restantes ne sont pas utilisées.

Le deuxième décodeur contenu dans CI_6 est utilisé pour la sélection du convertisseur CI_8. CI_6B est validé par les deux signaux IORD/ et IOWR/ combinés à l'aide de la porte AND CI_3A, et combinés à nouveau à l'adresse de base au moyen de la porte OR CI_5C. CI6B recevant également sur ses lignes d'adresses les signaux A_0 et A_1, le convertisseur sera sélectionné lorsque l'on demandera une écriture ou une lecture à l'adresse de base + 2. Par exemple, si l'adresse de base est H300 :

CI_7 est situé en H300
CI_9 est situé en H301
CI_8 est situé en H302

La carte dispose d'un port de sortie de 8 bits fournis par l'octuple bascules CI_7. Les transistors T_1 et T3 sont utilisés pour inverser les signaux de validation, le 74HCT574 réagissant sur un front montant. Ce port de sortie sera utilisé, dans le cas du pilotage de la platine de mesures, à la commutation des diverses gammes. Si la carte A/D est utilisée seule, ce port pourra servir soit à la commutation de diverses sources à mesurer, soit à la commutation d'atténuateurs de tension.

La seconde octuple bascules CI_9, dont seulement deux sorties sont connectées, à une fonction interne à la carte : elle permet d'une part le changement de gamme de mesure à l'entrée du convertisseur. D'autre part, elle permet la sélec-

Figure 9.3.

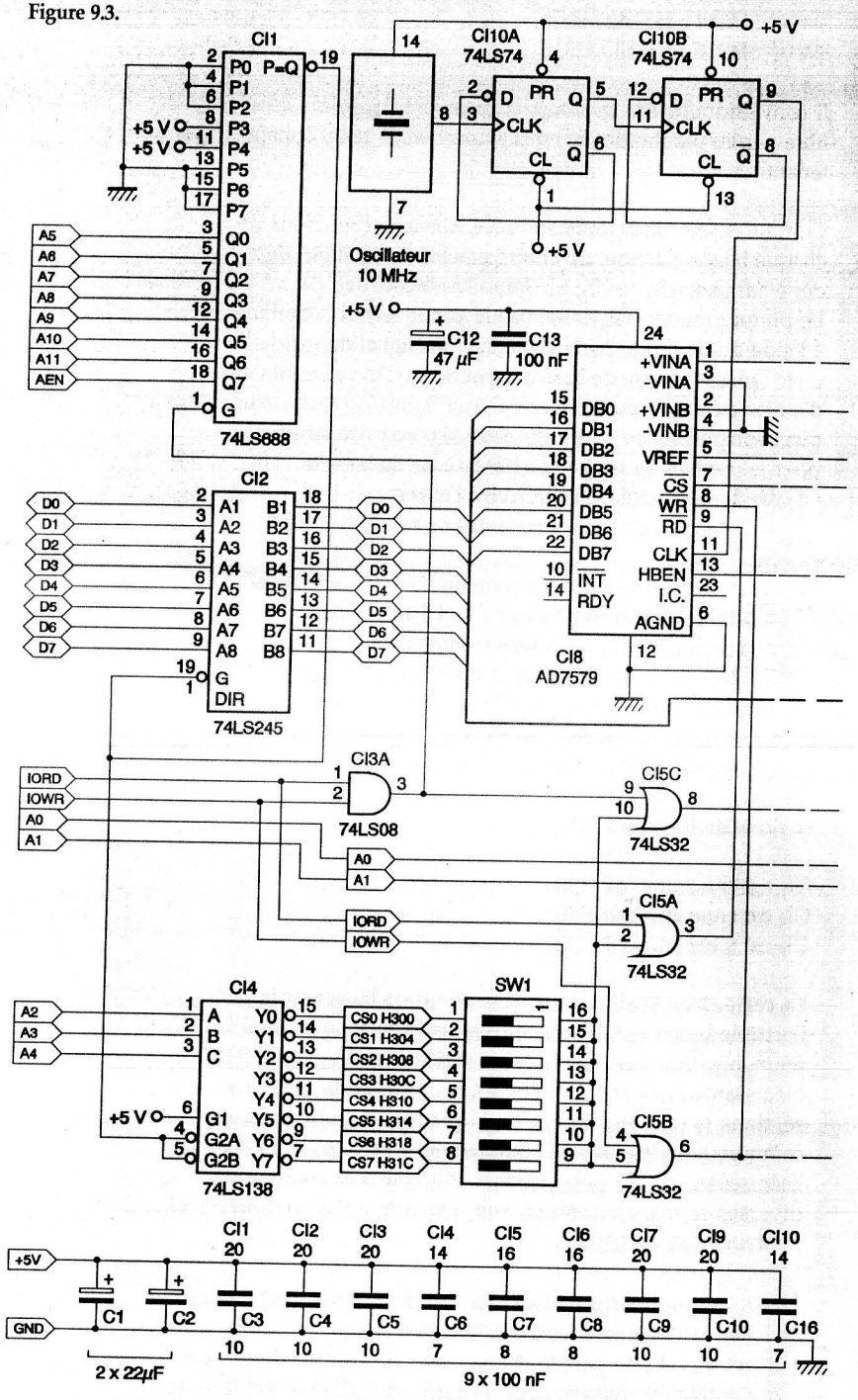
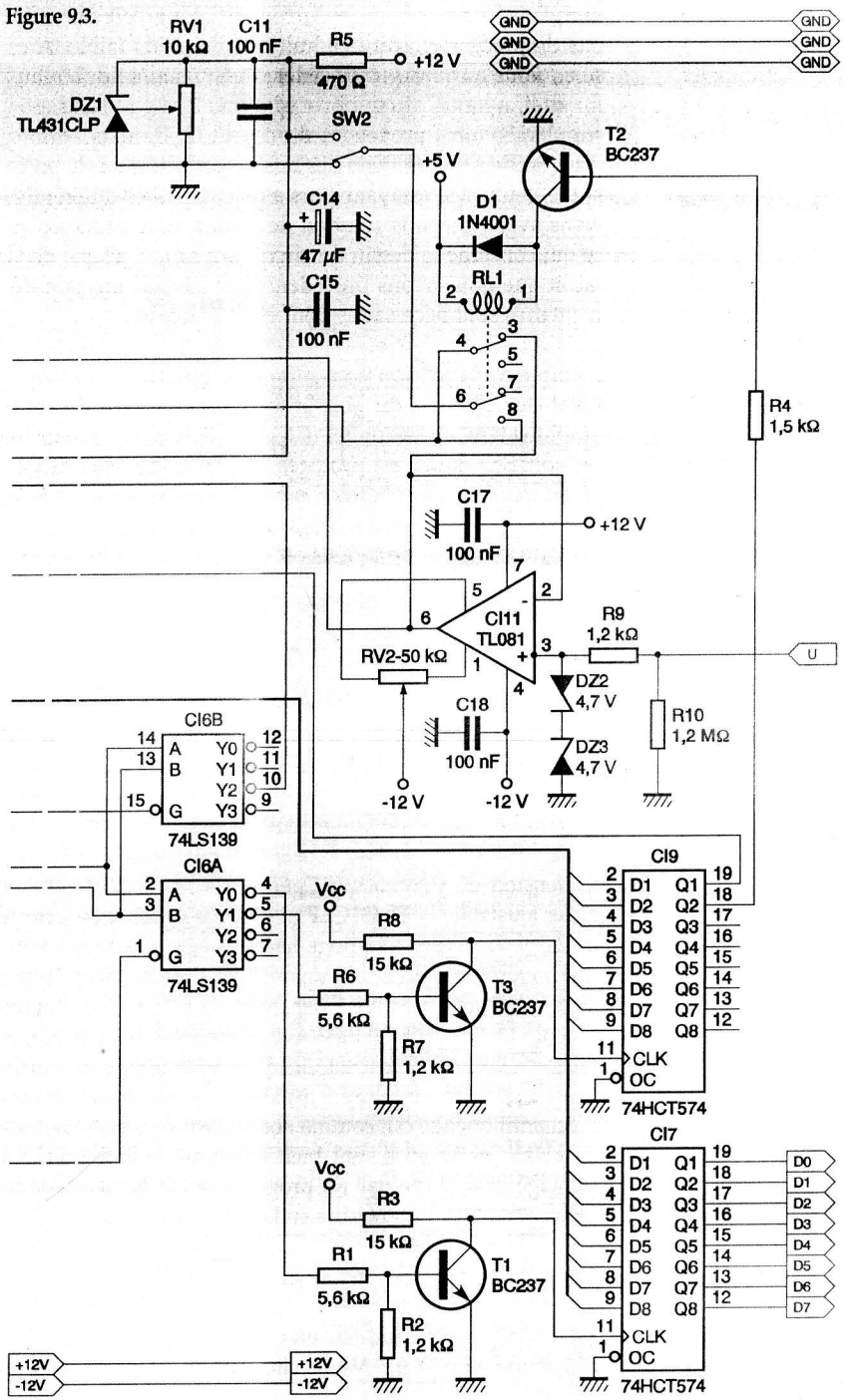


Figure 9.3.



tion dans le mode lecture du convertisseur, soit des deux bits de poids fort, soit des huit bits de poids faible. A ce sujet, nous aurions pu procéder d'une manière différente. En effet, à l'aide d'une porte et d'une ligne de validation supplémentaires provenant du circuit CI_6B, nous aurions pu procéder à la sélection des bits de poids fort ou de poids faible, ceux-ci se trouvant alors à deux adresses différentes. Nous avons choisi la solution de facilité, tout au moins en ce qui concerne le dessin du circuit imprimé, puisque de la façon que nous avons procéder, deux instructions supplémentaires sont nécessaires pour chaque lecture.

L'entrée de la tension à mesurer ne s'effectue pas directement sur l'entrée du convertisseur, mais à l'aide d'un amplificateur opérationnel (CI_{11}) configuré en suiveur de tension. Son entrée est protégée au moyen de deux diodes zéner montées tête-bêche et qui limitent à environ 5,4 V la tension applicable sur son entrée non inverseuse. Il a été prévu un réglage de la tension d'offset de l'amplificateur afin d'annuler toute tension non souhaitée à sa sortie.

Le relais RL_1 est utilisé pour la commutation de la gamme de tension d'entrée. Lorsqu'il est au repos, l'entrée $+V_{in}B$ est mise parallèle sur l'entrée +VinA, et la gamme s'étend de 0 V à +2,5 V. Lorsqu'il est en position travail, l'entrée $+V_{in}B$ est soit mise à la masse (gamme de 0 V à +5 V), soit reliée à la tension de référence (gamme de – 2,5 V à + 2,5 V), suivant la position de l'inverseur SW_2.

La tension de référence est générée à l'aide d'une diode zéner ajustable, la TL431CLP et sera réglée très exactement à +2,5 V. Le signal d'horloge nécessaire au fonctionnement du convertisseur est issu d'un oscillateur de 10 MHz dont la signal de sortie est divisé par quatre à l'aide de la double bascule D, CI_{10}, un 74LS74. Avec cette fréquence, le temps de conversion maximal est de 18,5 µs. En admettant que le processus de lecture dure 1 µs, alors la fréquence maximale d'échantillonnage est, comme nous l'avons vu plus haut, de 50 kHz. Ces valeurs sont bien entendu, valable pour un pilotage de la carte par un programme en langage assembleur et non un programme en langage interprété.

Chaque circuit est découplé par un condensateur de 100 nF. Le découplage de la ligne d'alimentation du convertisseur est assuré, quant à lui, par un condensateur chimique supplémentaire de 47 µF. Même chose pour la tension de référence.

RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 9.4 pour le recto du circuit, et en figure 9.5 pour le verso. Il existe de nombreuses traversées entre les deux faces. Pour plus de facilité, ces dernières ont été indiquées par des pastilles rondes. Toutes les autre sont des pastilles carrées (sauf en

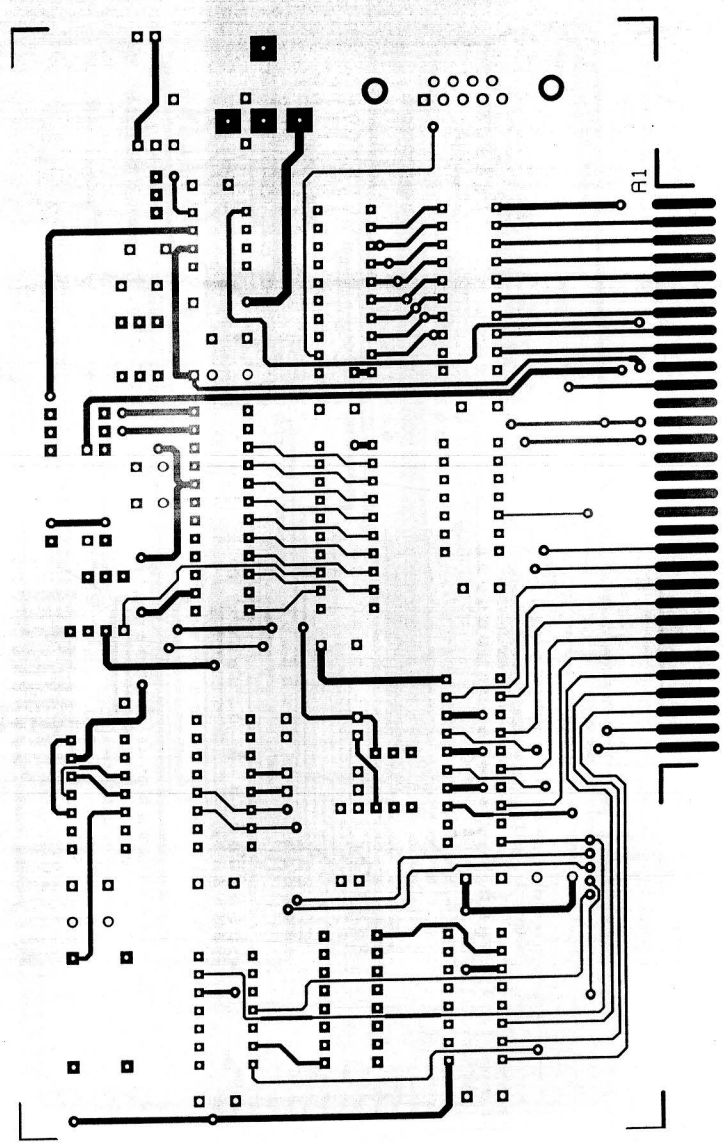


Figure 9.4.

ce qui concerne les condensateurs C_1, C_2, C_3 et C_4). Il conviendra de procéder à l'implantation de ces traversées avant toute chose. Pour le câblage de la carte on se référera à la figure 9.6 où est représenté le dessin d'implantation des composants.

Figure 9.5.

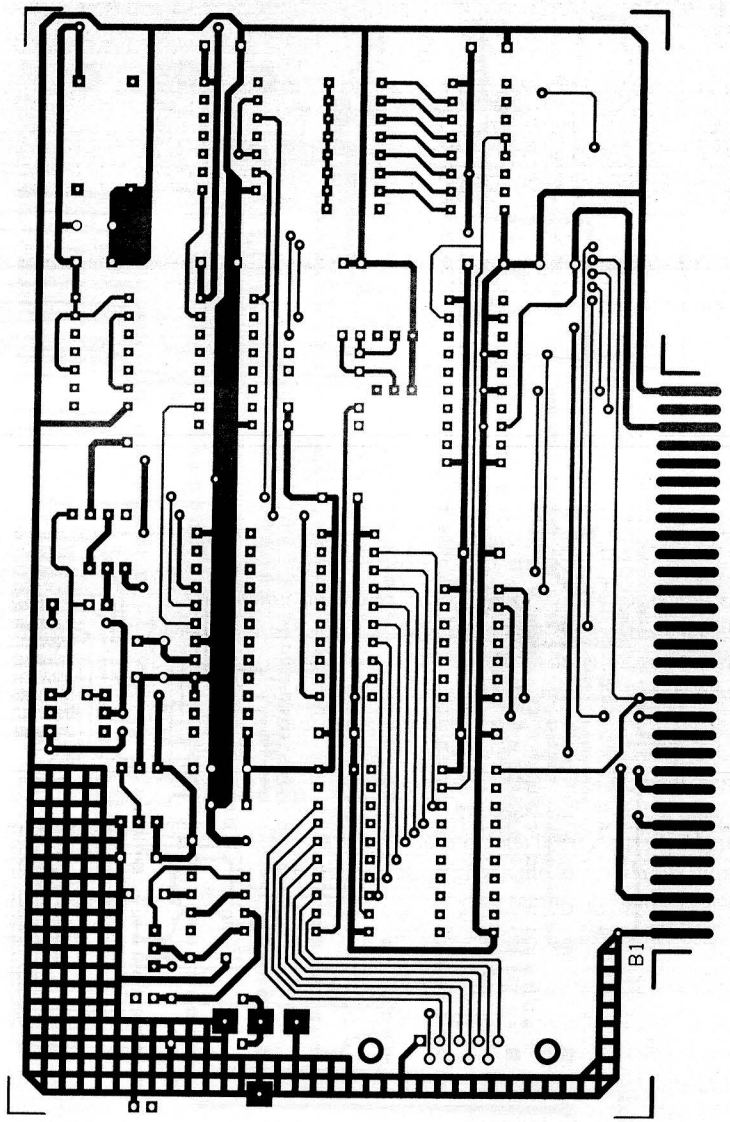
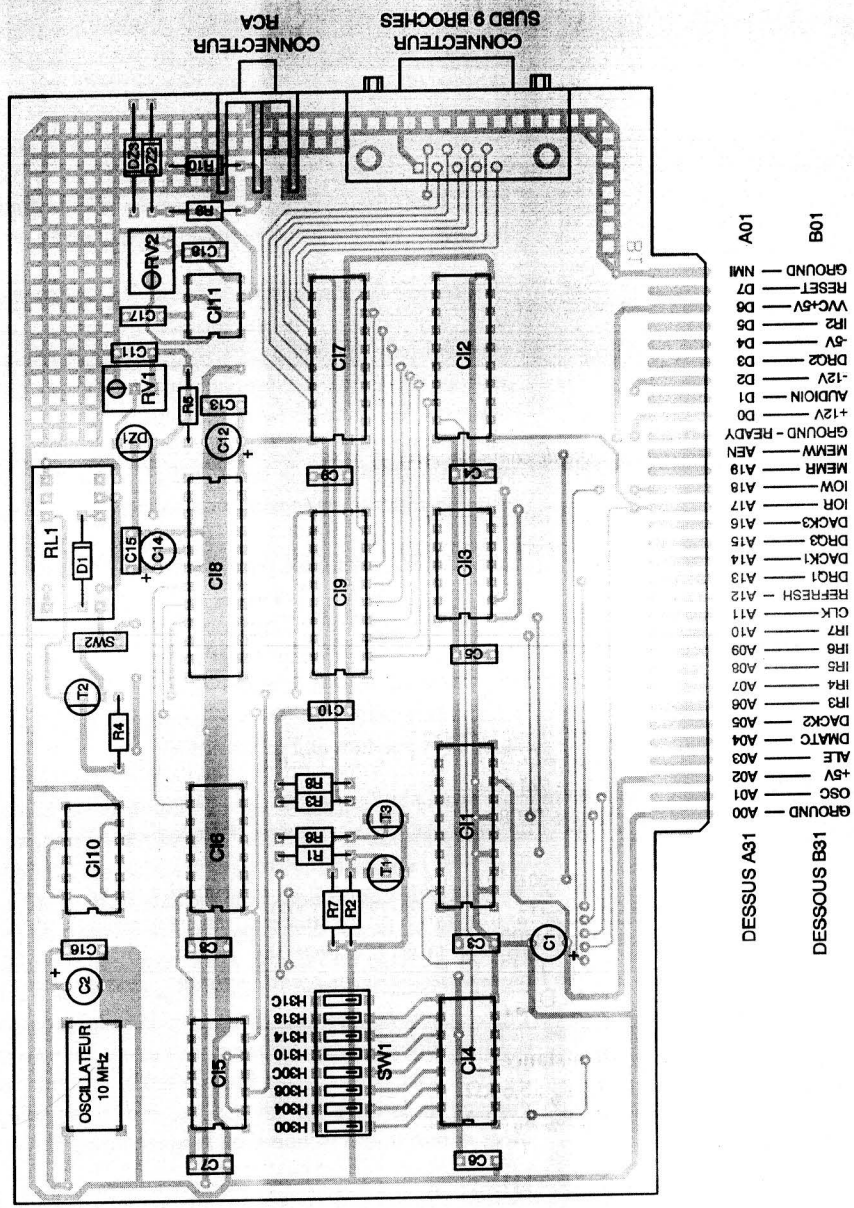
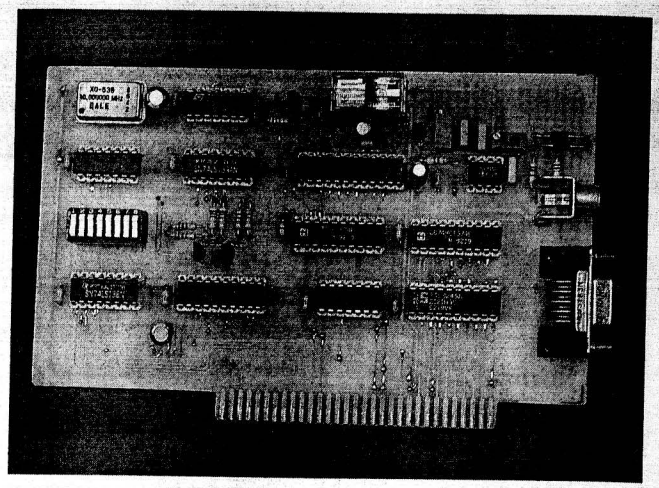


Figure 9.6.





Liste de composants

Circuits intégrés :
CI_1 : 74HCT688,
CI_2 : 74LS245,
CI_3 : 74LS08,
CI_4 : 74LS138,
CI_5 : 74LS32,
CI_6 : 74LS139,
CI_7, CI_9 : 74HCT574,
CI_8 : AD7579 ANALOG DEVICES,
CI_{10} : 74LS74,
CI_{11} : TL081.

Semi-conducteurs :
T_1, T_2, T_3 : BC237, 2N2222 (TO92),
D_1 : 1N4001,
DZ_1 : TL431 CLP,
DZ_2, DZ_3 : zéner 4,7 V.

Résistances :
R_1, R_6 : 5,6 kΩ,
R_2, R_7, R_9 : 1,2 kΩ,
R_3, R_8 : 15 kΩ,
R_4 : 1,5 kΩ,
R_5 : 470 Ω,
R_{10} : 1,2 MΩ,
RV_1 : 10 kΩ ajustable multitours,
RV_2 : 50 kΩ ajustable multitours.

Condensateurs :
C_1, C_2 : 22 µF 16 V,
C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}, C_{13}, C_{15}, C_{16}, C_{17}, C_{18} : 100 nF,
C_{12}, C_{14} : 47 µF 16 V.

Divers :
1 oscillateur 10 MHz,
1 relais NATIONAL HB2 bobine 5 V,
1 connecteur RCA pour circuit imprimé,
1 connecteur SUBD 9 broches coudé pour circuit imprimé,
1 support pour circuit intégré DIL 24 broches,
4 supports pour circuit intégré 20 broches,
3 supports pour circuit intégré 16 broches,
4 supports pour circuit intégré 14 broches,
1 support pour circuit intégré 8 broches.

Les réglages et les essais

Avant de placer les circuits intégrés sur leur support respectif, on placera la carte dans un des slots libres du PC. On procédera d'abord au réglage de la tension de référence qui sera ajustée à exactement 2,5 V au moyen de la résistance ajustable RV_1. On vérifiera à l'endroit des points d'alimentation sur les supports de CI la présence des tensions adéquates. Seulement alors on mettra en place les circuits intégrés, après avoir bien entendu ôté la carte du slot du PC. L'adresse de la carte sera placée par exemple, en H300.

On ajustera à nouveau , si besoin est, la tension de référence. A l'aide de la résistance RV_2, on annulera la tension d'offset de l'amplificateur opérationnel d'entrée CI_{11}. On vérifiera le bon fonctionnement des bascules par l'envoi de l'ordre :

```
OUT &H300,0
OUT &H301,0
```

puis en vérifiant les niveaux présents sur toutes les broches de sortie (niveau bas). On enverra ensuite les deux instructions suivantes :

```
OUT &H300,255
OUT &H301,255
```

Toutes les sorties des deux bascules devront alors présenter un niveau haut. On passera ensuite à l'essai du convertisseur. Les lignes suivantes seront saisies et le programme sera lancé :

```
DO
OUT &H301,0 : REM LECTURE HUIT BITS DE POIDS FAIBLE
OUT &H302,0
A = INP(&H302)
OUT &H301,1 : LECTURE DEUX BITS DE POIDS FORT
OUT &H302,0
B=INP(&H302)
C=0,00244 * ((B*256)+A) REM 0,00244=2,5 / 1024
PRINT A
LOOP
```

Si aucune source n'est connectée en entrée du convertisseur, le résultat doit obligatoirement être nul. En reliant la source de tension variable à l'entrée de la carte (maximum de + 2,5 V), on vérifiera ensuite que la lecture obtenue correspond bien à la tension injectée. Ceci s'effectuera à l'aide d'un voltmètre précis.

On pourra vérifier également la gamme 0 V, ± 5 V. Dans ce cas, on commutera le relais RL_1 afin de mettre le diviseur de tension interne en fonction. Dans le programme, il faudra modifier certaines lignes :

```
DO
OUT &H301,2 REM lecture 8 bits de poids faible et commutation du relais
de gammes
OUT &H302,0
A=INP(&H302)
lm :
OUT &H302,0
B=INP(&H302)
C=0,00488 * ((B*256)+A) REM 0,00488=5 / 1024
LOOP
```


CHAPITRE		PAGE
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171

10 UTILISATION DES CAPTEURS

A - Carte à capteur de température LM35 188
Le capteur de température LM35 188
Réalisation pratique 191
B - Carte à capteur de température AD595 194
Le circuit intégré AD595 194
Fonctionnement des circuits 193
Réalisation pratique 200
C - Carte à capteur de pression 202
Les capteurs de pression de type 24PC 202
Le schéma de principe de la carte à capteur de pression 205
La réalisation pratique de la carte à capteur de pression 207

11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211
	Annexes	223

A - Carte à capteur de température LM35

Les capteurs de toutes sortes sont les éléments indispensables si l'on veut, d'une manière simple, pouvoir procéder à des mesures d'informations externes à l'aide d'un ordinateur. Les plus employés sont les capteurs de température et c'est bien évidemment ceux-là que l'on trouve le plus facilement auprès des revendeurs de composants électroniques. Il existe différentes façons de procéder à la mesure de températures : les capteurs à résistance CTN, les thermistors, les thermocouples. Mais ceux-ci présentent des défauts qui rendent leur utilisation mal aisée : les résistances CTN et les thermistors présentent une non linéarité et les thermocouples, surtout utilisés pour les mesures de hautes températures demandent une compensation de la jonction froide (c'est-à-dire de la jonction entre le thermocouple et le circuit de mesure qui ne peut s'effectuer que par assemblage par vis). D'autre part, ces thermocouples sont également non linéaires. De plus les niveaux de sortie de ces capteurs sont faibles et ne sont pas proportionnels à la température qui leur est appliquée. C'est pourquoi il a été conçu des capteurs débarrassés de tous ces défauts, et c'est l'un d'eux que nous allons maintenant utiliser.

LE CAPTEUR DE TEMPÉRATURE LM35

Le capteur de température LM35 est un composant pratiquement parfait. Il en existe différentes versions :

1. LM35D : échelle de 0 °C à + 100 °C ;
2. LM35 et LM35A : échelle de – 55 °C à + 150 °C ;
3. LM35C et LM35CA : échelle de – 40 °C à + 110 °C.

Toutes ces différentes versions comporteront en plus du suffixe qui les identifie, la lettre H pour l'encapsulage en boîtier métallique TO46, et la lettre Z pour le boîtier plastique TO92.

On choisira la version qui correspondra le mieux à l'utilisation envisagée. La série LM35C nous semble être la mieux adaptée à résoudre tous les problèmes de prises de températures. Toutes ces versions possèdent les mêmes excellentes caractéristiques qui suivent :

1. excellente linéarité de la tension de sortie qui se monte à 10 mV/°C ;
2. l'alimentation peut être assurée par une tension de + 4 V à + 20 V ;
3. la sortie est directement calibrée en degrés Celsius ;
4. la consommation très faible peut varier de 50 µA à 150 µA ;
5. la sortie est à basse impédance : 0,1 Ω pour une charge de 1 mA ;
6. la précision est meilleure que 0,5 °C et atteint 0,2 °C pour les versions A ;
7. l'auto-échauffement est inférieur à 0,08 °C.

Nous devons reconnaître, à la lecture de ces données techniques, que nous ne pouvions en espérer plus. Le schéma électrique interne du capteur est donné en figure 10.1. Il révèle une configuration simple, mais il ne faut pas s'y tromper : un étalonnage de chaque composant est effectué lors de la fabrication. Un point important doit être signalé. L'élément capteur se trouve dans le boîtier du LM35, et c'est à lui que doit donc être appliquée la température que l'on souhaite mesurer. Mais les broches de sortie du circuit qui sont reliées à la puce participent pour une bonne part à l'échauffement. Donc, dans les opérations de mesures très précises, il conviendra d'isoler les pattes, pour que seul l'élément capteur subisse une hausse ou une baisse de température.

Il semble également évident que la mesure dans un milieu aquatique impose une isolation très efficace des broches du LM35.

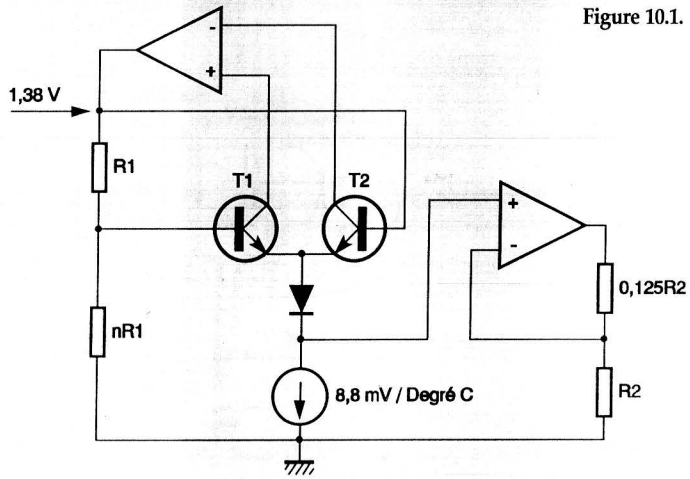


Figure 10.1.

Le LM35 peut être utilisé tel quel, sans aucun composant externe, à la mesure de températures comprises entre 2 °C et plus de 100 °C. Les broches 1 et 3 (+ VCC et GND) sont reliées à l'alimentation, et l'on obtient la tension de sortie sur la broche 2. C'est la configuration minimale, mais qui limite le domaine des applications possibles. Elle pourra par exemple être utilisée dans le cas où l'on souhaite contrôler la température à l'intérieur d'un habitat, et procéder à la mise en fonction, par interface appropriée, du chauffage (utilisation en thermostat). Afin de procéder à la mesure de températures négatives, il est nécessaire de disposer d'une tension négative par rapport à la masse.

Il existe deux moyens d'obtenir cette tension. Le premier est représenté en figure 10.2, où la broche de masse est connectée à cette dernière au moyen de deux diodes 1N4148. Ces deux diodes créent ainsi une masse fictive en rehaussant le potentiel de la vraie masse de + 1,2 V. La résistance R_1 de 18 kΩ est utilisée afin de ramener la sortie positive vers la tension négative. Nous aurons donc à la borne de sortie + , dans le cas d'une température négative, un potentiel négatif par rapport à la sortie négative . Le second moyen d'obtenir une lecture pleine échelle (degrés Celsius positifs et négatifs), est d'employer une alimentation symétrique. Le schéma est représenté en figure 10.3, et c'est cette version que nous avons utilisée pour la réalisation de notre maquette.

Une seule résistance (R_1) de 220 kΩ est utilisée en plus du circuit LM35, sans compter les deux condensateurs de découplage C_1 et C_2 de 100 nF, connectés aux lignes d'alimentation.

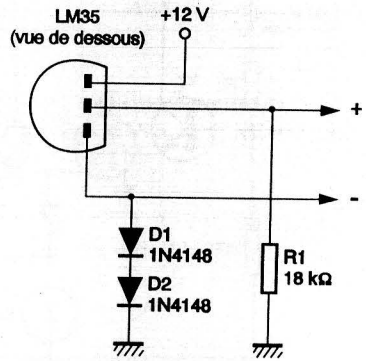


Figure 10.2.

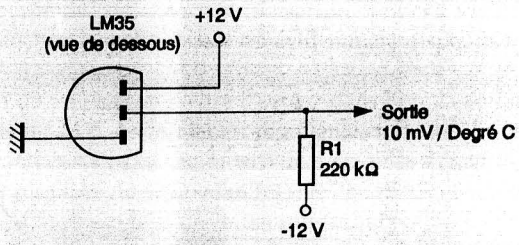


Figure 10.3.

RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 10.4. Le schéma d'implantation des composants est représenté en figure 10.5. En ce qui concerne le câblage, il n'y a, vu le nombre ridicule de composants, pas de commentaires à formuler.

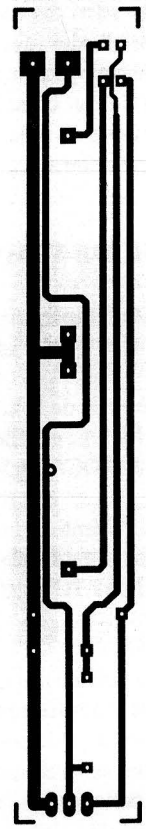


Figure 10.4.

Liste des composants

Circuits intégrés :
LM35 (suffixe selon application désirée, voir texte).

Résistances :
R_1 : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune).

Condensateurs :
C_1, C_2 : 100 nF.

Divers :
2 piles alcalines miniatures de 12 V,
2 morceaux de barrette sécable à picots,
2 cavaliers,
1 bornier à vis à 2 points.

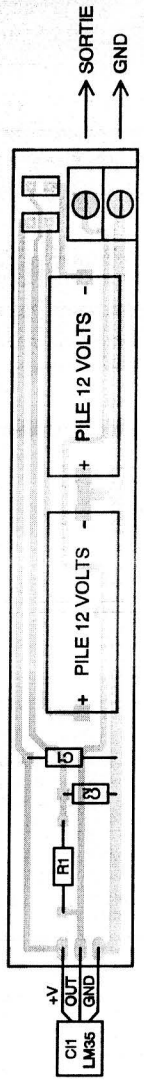


Figure 10.5.

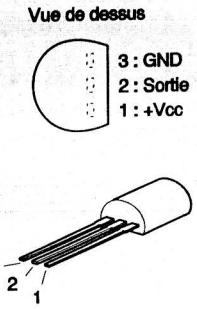
La sortie du capteur s'effectue sur un bornier à vis à deux points, sur lequel la masse est évidemment disponible.

Afin de ne pas commettre d'erreur dans l'implantation du capteur LM35, ce dernier est représenté en figure 10.6. L'alimentation s'effectue au moyen de deux piles miniatures de 12 V alcalines du type de celles que l'on rencontre dans les appareils photographiques, et qui seront soudées directement à l'aide de petits morceaux de fil de câblage rigide sur le circuit imprimé. Il faudra prendre garde à ne pas surchauffer les piles lors de cette opération. La mise en fonction de ces alimentations s'opèrent par la mise en place de deux cavaliers sur des picots. Nous n'avons pas prévu de LED de signalisation de mise sous tension car ces dernières auraient consommer beaucoup trop de courant.

Les essais se résument à la mise sous tension après avoir raccorder les sorties à un multimètre digital. La tension lue sur l'appareil devra être comprise entre 190 mV et 250 mV suivant la température de la pièce. Un autre essai pourra être effectué en trempant le boîtier du capteur dans un mélange de glace pilée et de sel. La tension de sortie devra avoisiner 0 mV.

Les essais effectués et s'étant déroulés correctement, on pourra connecter la sonde à l'entrée de la carte à convertisseur 10 bits décrite dans le chapitre 9. On pourra alors procéder à des mesures précises, et à l'aide d'un logiciel très simple, obtenir des tracés de courbes de températures. On pourra se baser pour cela sur le programme de l'oscilloscope. Les échantillons seront pris à intervalles réguliers et l'espace séparant deux mesures variera selon le type de mesures effectuées.

Figure 10.6.



B - Carte à capteur de température AD595

Le circuit AD595 n'est pas à proprement parler un capteur de température. C'est un amplificateur de thermocouple très performant, possédant en interne une compensation de jonction froide. Si l'on omet le thermocouple et que l'on relie ensemble les deux broches réservées à sa connexion, on dispose d'un capteur de température pouvant fonctionner dans une gamme de températures s'étendant de – 55 °C à + 125 °C, avec une précision excellente. Sa tension de sortie se monte à 10 mV/°C.

La description de cette carte portera sur l'utilisation de l'AD595 en capteur de température. Mais, conscient que la possibilité de mesurer des températures s'échelonnant de – 200 °C à + 1250 °C à l'aide d'un thermocouple pourrait intéresser certains de nos lecteurs, nous donnerons dans ces lignes toutes les indications nécessaires à cette réalisation.

LE CIRCUIT INTÉGRÉ AD595

Le circuit AD595 est un amplificateur d'instrumentation complet et possède un compensateur de jonction froide. Il est ajusté au laser afin d'être d'utilisé avec des thermocouples de type K (CHROMEL-ALUMEL). Il possède une référence interne à 0 °C alliée à un amplificateur calibré afin de produire un niveau de sortie de 10 mV/°C à partir de la tension de sortie du thermocouple.

Le circuit AD594 qui correspond au même brochage que le AD595 possède les mêmes caractéristiques. Le seul point qui les différencie est que le thermocouple utilisable avec le AD594 est de type J (IRON-CONSTANTAN). La description qui suit est donc valable pour les deux types de boîtier. Le circuit AD595 possède également une alarme basée sur la détection de la coupure de l'un des fils de liaison au thermocouple, coupure pouvant avoir des conséquences désastreuses si une élévation excessive de température ne pouvait être décelée. La sortie de l'alarme peut commander n'importe quel dispositif et est également compatible avec les circuits TTL.

La tension de sortie d'un thermocouple n'est pas linéaire en fonction de la température. On devra alors utiliser les formules suivantes afin de connaître les températures exactes :

sortie de l'AD594 = (tension de type J + 16 µV) x 193,4 ;
sortie de l'AD595 = (tension de type K + 11 µV) x 247,3 ;
ou
tension de type J = (tension de sortie de l'AD594/193,4) – 16 µV ;
tension de type K = (tension de sortie de l'AD595/247,3) – 11 µV.

Le tableau de la figure 10.7 donne les tensions de sortie en fonction de la température en degrés Celsius pour les types J et K, le boîtier et la jonction de référence étant à une température de 25 °C.

Figure 10.7.

Thermocouple Temperature °C	Type J Voltage mV	AD594 Output mV	Type K Voltage mV	AD595 Output mV
- 200	- 7.890	- 1523	- 5.891	- 1454
- 180	- 7.402	- 1428	- 5.550	- 1370
- 160	- 6.821	- 1316	- 5.141	- 1269
- 140	- 6.159	- 1188	- 4.669	- 1152
- 120	- 5.426	- 1046	- 4.138	- 1021
- 100	- 4.632	- 893	- 3.553	- 876
- 80	- 3.785	- 729	- 2.920	- 719
- 60	- 2.892	- 556	- 2.243	- 552
- 40	- 1.960	- 376	- 1.527	- 375
- 20	- .995	- 189	- .777	- 189
- 10	- .501	- 94	- .392	- 94
0	0	3.1	0	2.7
10	.507	101	.397	101
20	1.019	200	.798	200
25	1.277	250	1.000	250
30	1.536	300	1.203	300
40	2.058	401	1.611	401
50	2.585	503	2.022	503
60	3.115	606	2.436	605
80	4.186	813	3.266	810
100	5.268	1022	4.095	1015
120	6.359	1233	4.919	1219
140	7.457	1445	5.733	1420
160	8.560	1659	6.539	1620
180	9.667	1873	7.338	1817
200	10.777	2087	8.137	2015
220	11.887	2302	8.938	2213
240	12.998	2517	9.745	2413
260	14.108	2732	10.560	2614
280	15.217	2946	11.381	2817
300	16.325	3160	12.207	3022
320	17.432	3374	13.039	3327
340	18.537	3588	13.874	3434
360	19.640	3801	14.712	3641
380	20.743	4015	15.552	3849
400	21.846	4228	16.395	4057
420	22.949	4441	17.241	4266
440	24.054	4655	18.088	4476
460	25.161	4869	18.938	4686
480	26.272	5084	19.788	4896

Thermocouple Temperature °C	Type J Voltage mV	AD594 Output mV	Type K Voltage mV	AD595 Output mV
500	27.388	5300	20.640	5107
520	28.511	5517	21.493	5318
540	29.642	5736	22.346	5529
560	30.782	5956	23.198	5740
580	31.933	6179	24.050	5950
600	33.096	6404	24.902	6161
620	34.273	6632	25.751	6371
640	35.646	6862	26.599	6581
660	36.671	7095	27.445	6790
680	37.893	7332	28.288	6998
700	39.130	7571	28.128	7206
720	40.382	7813	29.965	7413
740	41.647	8058	30.799	7619
750	42.283	8181	31.214	7722
760	-	-	31.629	7825
780	-	-	32.455	8029
800	-	-	33.277	8232
820	-	-	34.095	8434
840	-	-	34.909	8636
860	-	-	35.718	8836
880	-	-	36.524	9035
900	-	-	37.325	9233
920	-	-	38.122	9430
940	-	-	38.915	9626
960	-	-	39.703	9821
980	-	-	40.488	10015
1000	-	-	41.269	10209
1020	-	-	42.045	10400
1040	-	-	42.817	10591
1060	-	-	43.585	10781
1080	-	-	44.349	10970
1100	-	-	45.108	11158
1120	-	-	45.863	11345
1140	-	-	46.612	11530
1160	-	-	47.356	11714
1180	-	-	48.095	11897
1200	-	-	48.828	12078
1220	-	-	49.555	12258
1240	-	-	50.276	12436
1250	-	-	50.633	12524

La jonction du thermocouple au boîtier du circuit intégré doit se trouver à la même température que ce dernier. Le dessin donné en figure 10.8 montre le tracé des pistes d'un circuit imprimé qu'il conviendra de respecter si une mise en œuvre devait être effectuée.

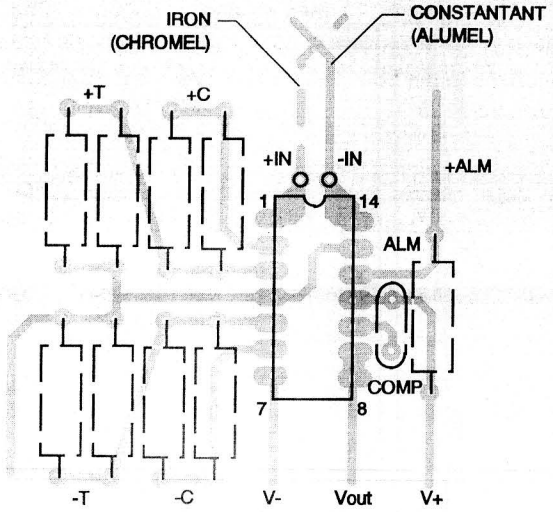


FIgure 10.8.

Les deux circuits (AD594 et AD595) peuvent fonctionner à l'aide d'une tension simple ou d'une tension bipolaire (+ 5 V et + et – 15 V).

Le schéma interne de l'AD59X apparaît en figure 10.9. Tel qu'il est configuré sur le schéma, il est utilisé en capteur de température simple, ses deux entrées IN+ et IN- étant connectées à la masse.

Si ce schéma devait être utilisé afin de constituer un amplificateur de thermocouple, il suffirait de supprimer ces connections, et de relier le thermocouple aux broches 1 et 14.

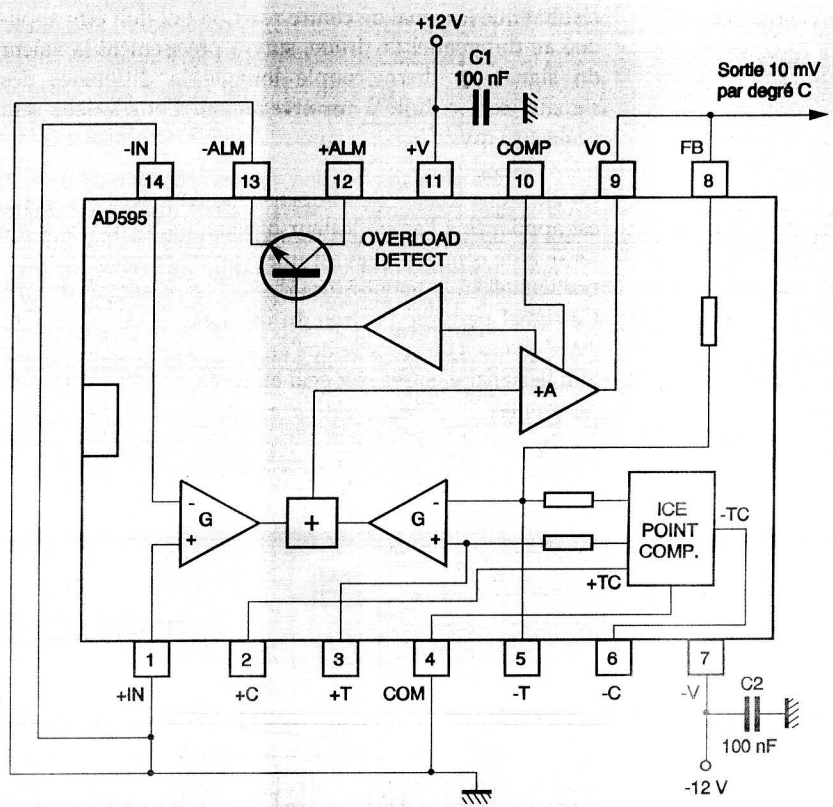


Figure 10.9.

FONCTIONNEMENT DES CIRCUITS

La sortie de l'amplificateur principal (+ A) disponible en broche 9, est connectée au réseau de contre réaction accessible en broche 8.

Le signal électrique produit par le thermocouple appliqué aux entrées 1 et 14, est amplifié par l'amplificateur différentiel de gauche (G) et l'est ensuite à nouveau par l'amplificateur principal (+ A). La sortie de ce dernier est connectée au deuxième amplificateur différentiel (de droite, G), sur son entrée inverseuse. Le signal de contre réaction est amplifié par cet étage et est également appliqué a l'entrée de l'ampli + A au moyen d'un circuit sommateur (+). A cause de cette inversion (entrée – du différentiel), l'amplificateur amène la contre réaction à réduire la différence du signal à une petite valeur. Les deux différentiels sont conçus afin de se suivre, et ont un gain identique, G. Nous obtenons comme

résultat que le signal de contre réaction qui doit être appliqué au différentiel de droite, suivra précisément la valeur du signal du thermocouple lorsque la différence des signaux sera réduite à un niveau nul. Cette valeur sera égale à 10 mV/°C.

En plus, une tension de compensation de la jonction froide est appliquée à l'amplificateur différentiel de droite. Cette tension de compensation est une tension différentielle proportionnelle à la température du boîtier du circuit intégré. Ce signal perturbe l'entrée du différentiel, ce qui a pour conséquence que la sortie de l'amplificateur devra s'ajuster afin le signal d'entrée soit égal au signal fourni par le thermocouple.

Figure 10.10.

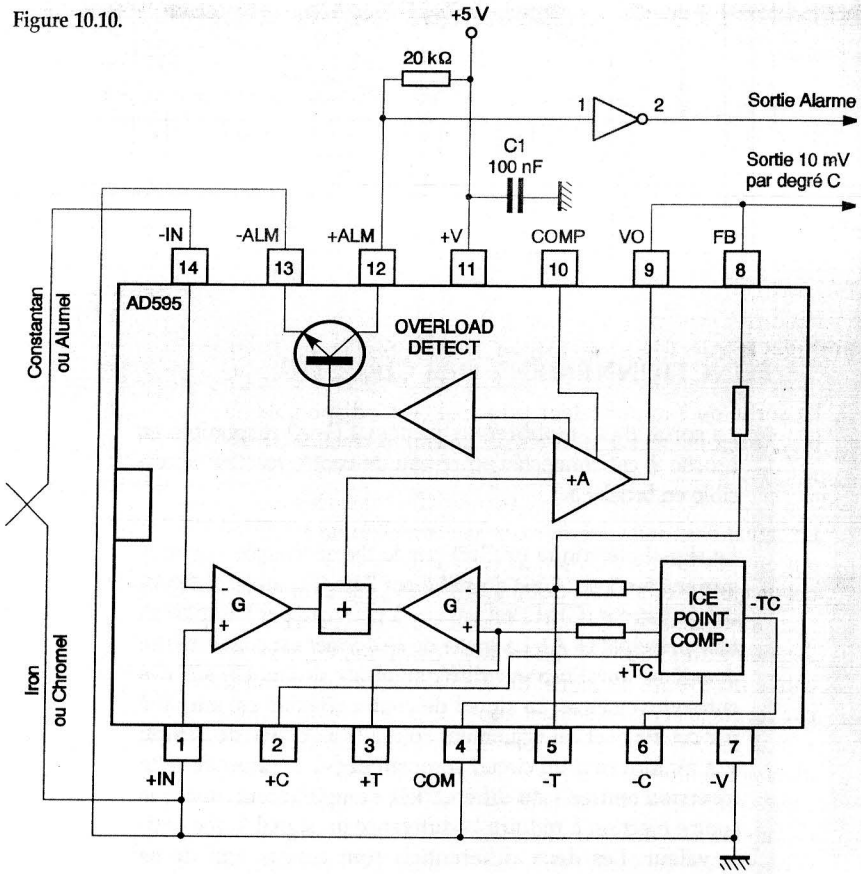
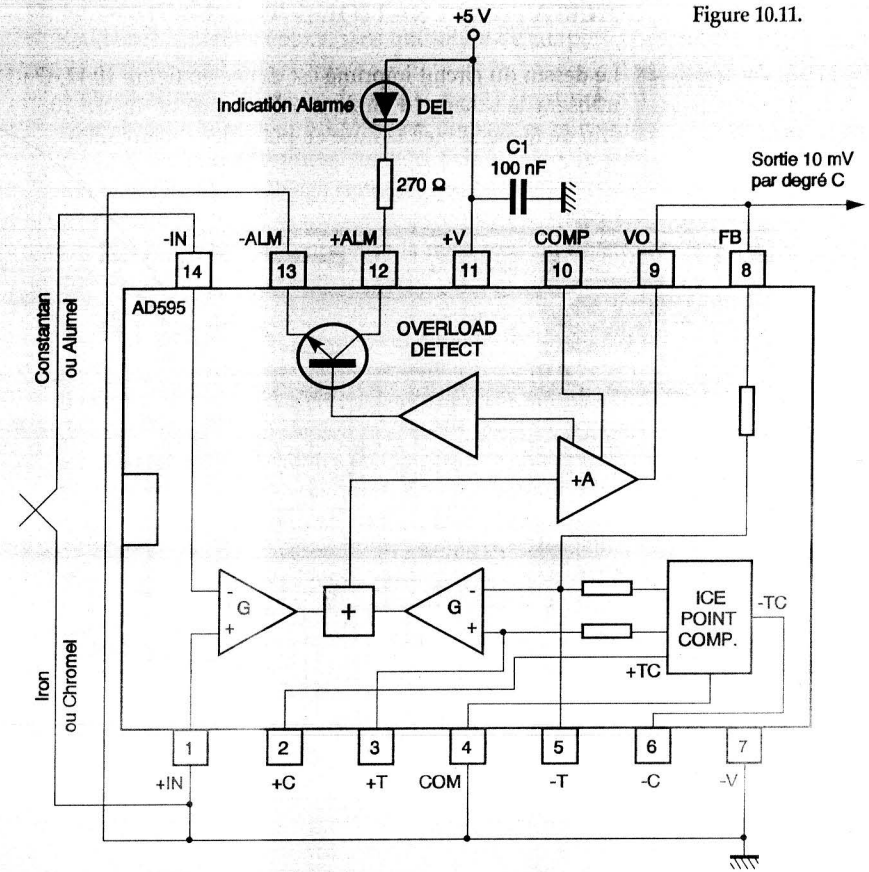


Figure 10.11.



L'utilisation de l'alarme intégrée dans le circuit s'effectuera selon les schémas donnés aux figures 10.10 et 10.11 Le premier de ces schémas permet l'utilisation d'une porte TTL qui pourra commander un circuit numérique quelconque. Le second permet simplement l'alimentation d'une DEL qui signalera la rupture de l'un des conducteurs du thermocouple.

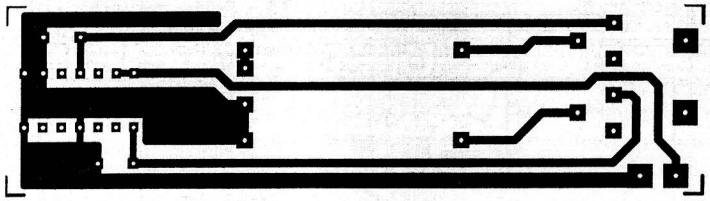
Notre capteur de température sera simplement formé par l'omission du thermocouple qui sera remplacé par une connexion des deux broches d'entrée à la masse. Ainsi, la sortie du circuit indiquera la tension de compensation, et donc la température du boîtier dans une échelle de 10 mV/°C.

Dans cette configuration, le circuit fonctionnera dans la gamme de température comprise entre – 55 °C et + 125 °C.

RÉALISATION PRATIQUE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 10.12. On utilisera le schéma d'implantation donné en figure 10.13 afin de mener à bien la mise en place des composants.

Figure 10.12.



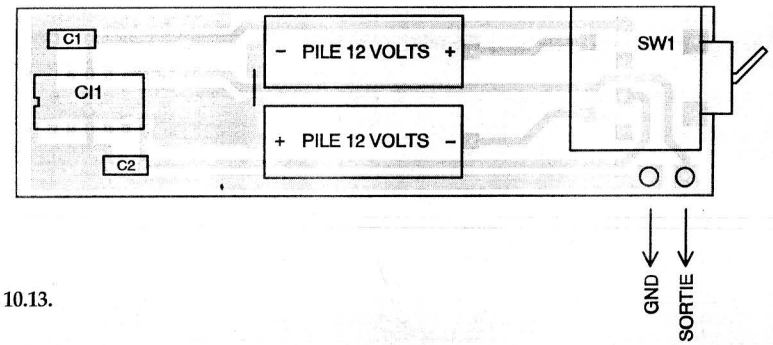


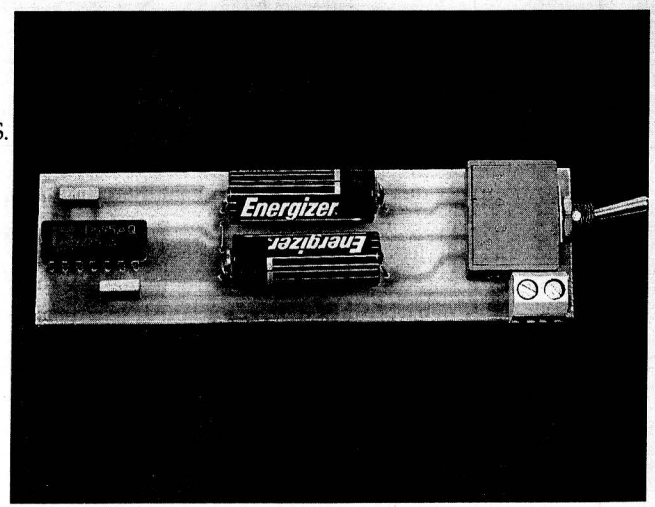
Figure 10.13.

Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 : AD595
(ou AD594)
ANALOG DEVICES.

Condensateurs :
C_1, C_2 : 100 nF.

Divers :
2 piles miniatures de 12 V,
1 interrupteur bipolaire pour circuit imprimé,
1 bornier à vis à 2 points.



Le circuit intégré AD595 (ou AD594) sera directement soudé sur la platine époxy, sans utilisation de support.

L'alimentation symétrique de + 12 V et – 12 V est prélevée, comme pour le capteur à LM35, sur deux piles miniatures de 12 V qui seront soudées sur le circuit à l'aide de petits morceaux de fil de câblage rigide.

Un interrupteur (SW_1) permettra la mise sous ou hors tension du module.

Les essais consisteront simplement à mettre la platine sous tension, après avoir connecter un multimètre digital en sortie. La sortie devrait présenter, dans une pièce normalement chauffée, une tension de 200 mV, soit + 20 °C. On pourra effectuer un essai de montée en température en approchant la pointe du fer à souder très près du circuit intégré. Comme le capteur précédent, cette platine a été conçue afin de fournir une information électrique proportionnelle à la température qui sera lue par la carte à convertisseur 10 bits.

C - Carte à capteur de pression

Les capteurs de pression sont des composants très largement employés dans diverses activités aussi variées que la médecine, la météorologie, l'industrie... C'est pourquoi nous avons voulu montrer aussi simplement que possible leur technique de mise en oeuvre, et leur utilisation en capteur de mesure relié à un ordinateur de type PC. On pourra ainsi constituer, par exemple, un contrôleur de débit d'air piloter par le micro. En effet, la lecture du débit sera effectuée par la carte voltmètre à convertisseur 10 bits qui donnera une indication très précise de la pression. Si le débit devient trop important ou trop faible pour l'application envisagée, il pourra alors être soit augmenté soit diminué à l'aide d'un régulateur à moteur augmentant ou diminuant l'arrivée de l'air sous pression. Ce moteur pourra être par exemple commandé par l'une des cartes à convertisseur digital-analogique décrite dans un chapitre précédent et qui sera couplée à un dispositif de suivi et de positionnement. On pourra ainsi disposer d'une régulation rapide et précise.

LES CAPTEURS DE PRESSION DE TYPE 24PC

Ce sont des composants fabriqués par la société HONEYWELL. Ils existent en différentes versions, aussi bien pour la gamme des pressions mesurables que pour la gamme de boîtiers. Les dessins donnés en figure 10.14. représentent ces différentes versions d'encapsulage ainsi que la constitution interne des capteurs.

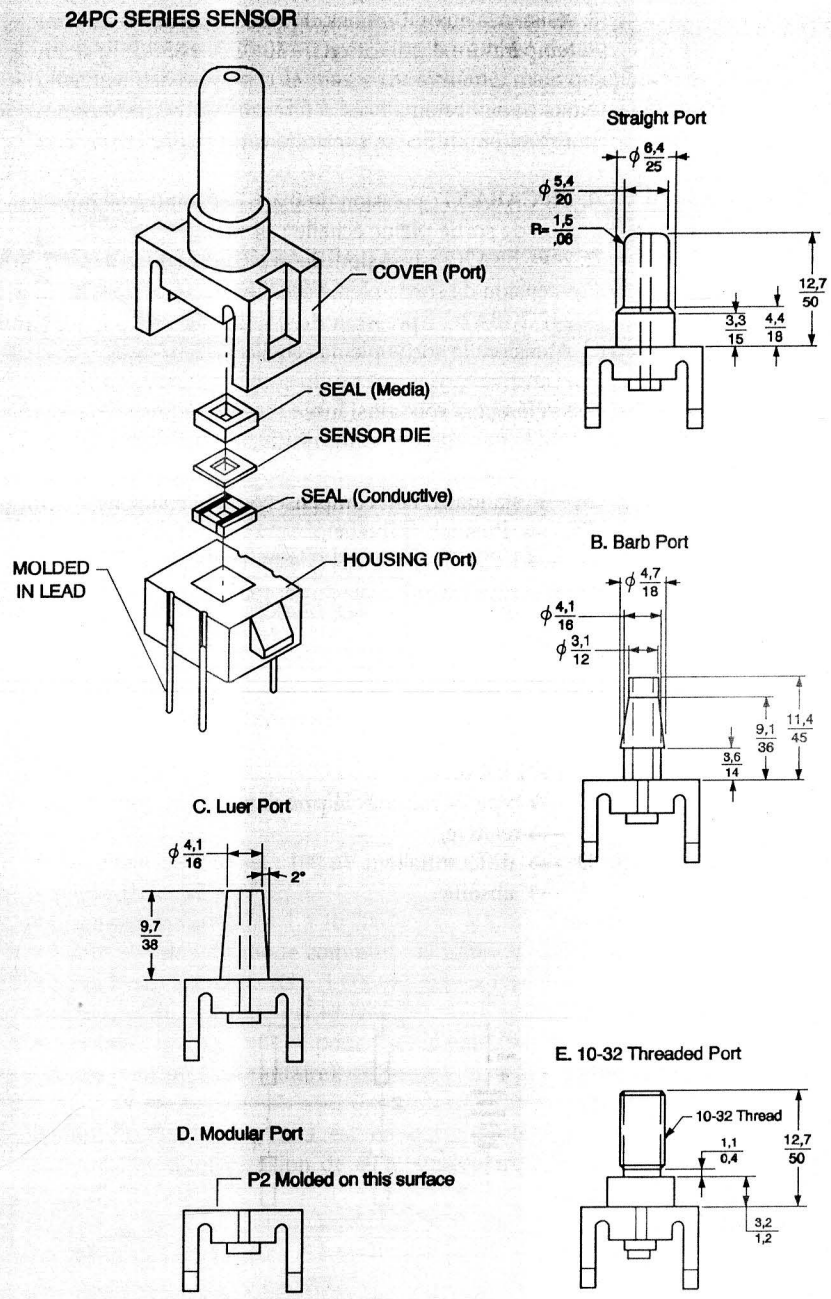
Ce sont des capteurs miniatures piézorésistifs de pression relative. Ils ont une sortie à bas niveau, sortie proportionnelle à la pression qui leur est appliquée.

Ils possèdent un diaphragme en silicone. Ils ne sont pas compensés en température. Ils possèdent la caractéristique d'une faible consommation en courant. Leur implantation peut être effectuée directement sur un circuit imprimé.

Leurs caractéristiques communes sont les suivantes :

1. tension d'alimentation : 10 VCC typique,
2. courant d'alimentation : 2 mA typique,
3. résistance d'entrée : 5 kΩ,
4. résistance de sortie : 5 kΩ,
5. linéarité : ± 0,2%,

Figure 10.14.



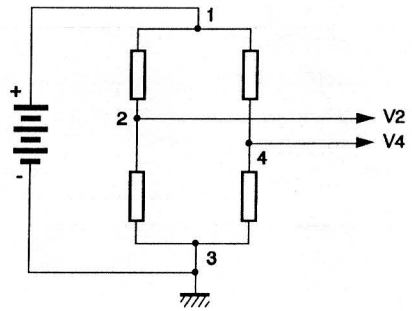
6. stabilité : ± 0,5%/an,
7. résistance aux chocs : 150 G,
8. résistance aux vibrations : 0 à 2 kHz, 20 G,
9. température d'utilisation : – 40 °C à + 85 °C.

Nous avons retenu trois références de ce composant qui pourront être utilisées sur notre carte :

1. 24PCABA2G : pression de 0 à 1 PSI soit 0 à 69 mB – tension de sortie pleine échelle : 44 mV ;
2. 24PCBBA2G : pression de 0 à 5 PSI soit 0 à 344,7 mB – tension de sortie pleine échelle : 115 mV ;
3. 24PCCBA2G : pression de 0 à 15 PSI soit 0 à 1034 mB – tension de sortie pleine échelle : 225 mV.

Les références sont ainsi lues :

2 ⟶ famille,
4 ⟶ standard, non compensé, 6 ⟶ compensé, calibré,
PC ⟶ Pression (capteur),
A ⟶ 1 PSI, B ⟶ 5, PSI C ⟶ 15 PSI,
B ⟶ type de matériau du capteur,
B ⟶ Buna-N,
F ⟶ Fluorosilicone,
A ⟶ type de boîtier,
2 ⟶ configuration de sortie des broches,
2 ⟶ 2 x 2 broches,
1 ⟶ 1 x 4 broches
G ⟶ type de mesure de pression,
G ⟶ relative,
D ⟶ différentielle ,
A ⟶ absolue.



La tension Vo augmente avec la pression
Vo = V4 - V2

Figure 10.15.

La figure 10.15 donne la configuration interne du capteur de pression. Les deux broches de sortie 2 et 4 donnent la tension résultant de l'application d'une pression sur l'élément piézorésistif. On voit que la mesure n'est donc pas effectuée par rapport à la masse du système, mais qu'elle est égale à la différence des tensions présentes aux points 2 et 4 d'où l'utilisation obligatoire d'un amplificateur différentiel.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CARTE À CAPTEUR DE PRESSION

Notre schéma de principe est donné en figure 10.16. Dans le but d'obtenir une tension de sortie la plus précise possible et exempte de tout signal parasite, nous avons utilisé un amplificateur différentiel intégré, le AMP02 de ANALOG DEVICES, dont les applications possibles sont nombreuses :

- amplificateur différentiel,
- amplificateur de jauge de contrainte,
- amplificateur de thermocouple,
- amplificateur RTD,
- amplificateur d'instrumentation à gain programmable,
- instrumentation médicale,
- système d'acquisition de données.

Ses caractéristiques sont excellentes :

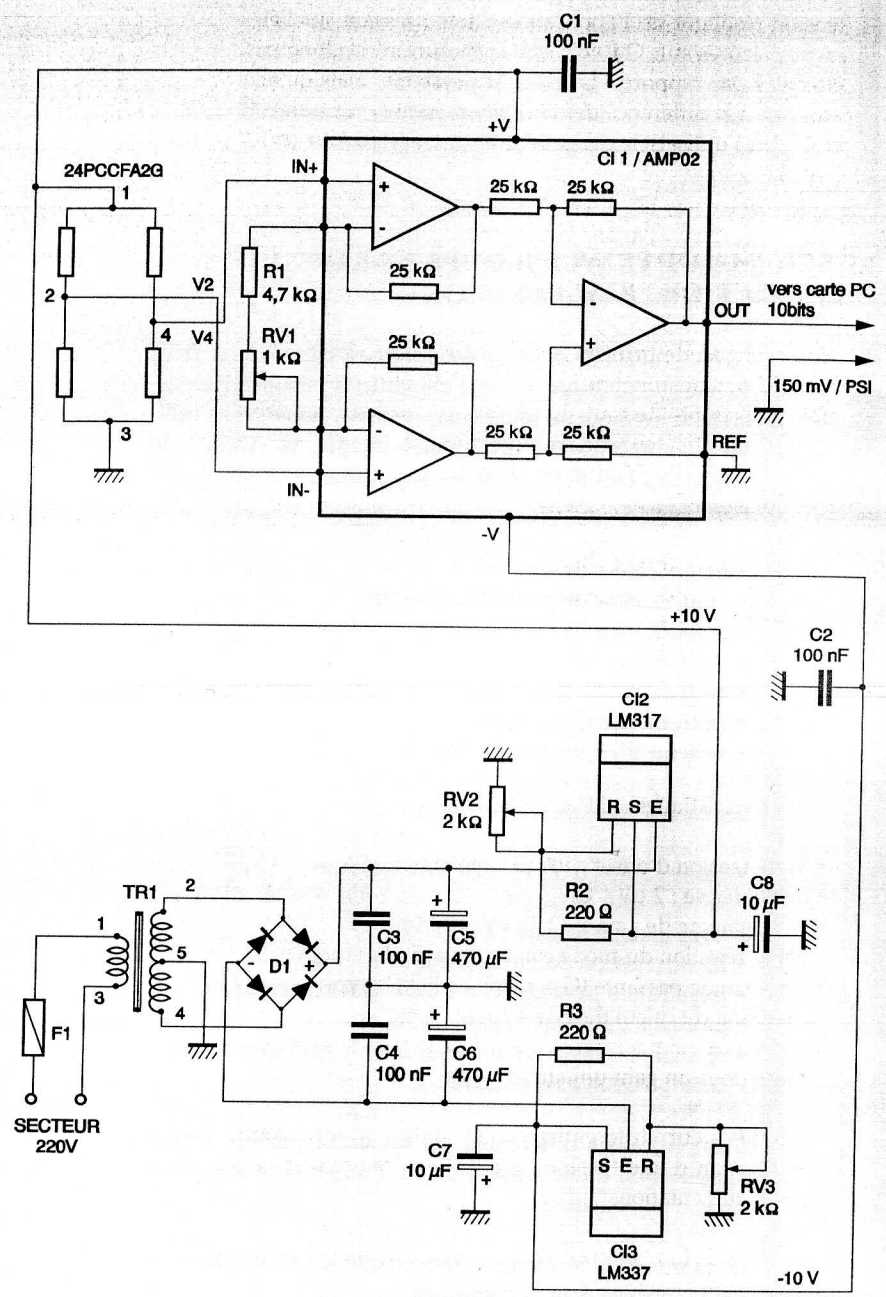
- basse tension d'offset : 100 µV maximum,
- faible dérive : 2 µV/°C,
- large gamme de gain : 1 à 10 000,
- haute réjection du mode commun : 115 dB,
- large bande passante (G = 1 000) : 200 kHz typique,
- précision du calcul de gain : 0,5%,
- résistance unique externe pour fixer le gain (pas de résistance pour un gain unitaire).

L'amplificateur différentiel est en outre protégé contre l'application d'une tension de 60 V supérieure à ses tensions d'alimentations.

La valeur de la résistance externe fixant le gain est obtenue par la formule donnée ci-dessous :

$$G = Vout/(+ IN) - (- IN) = (50\ k\Omega/RG) + 1,$$

Figure 10.16.



RG étant la résistance composée de R_1 + RV_1 sur notre schéma de principe.

Le capteur de pression est donc connecté aux entrées de l'amplificateur différentiel, la sortie 4 à IN+ et la sortie 2 à IN-, le différentiel devant effectuer la soustraction entre ces deux tensions. Le gain est réglable à l'aide de la résistance ajustable RV_1 de 1 kΩ. On peut ainsi le fixer très exactement à 10, ce qui donnera une tension de sortie de 150 mV par PSI ou 150 mV/68,93 mB. La sortie de l'amplificateur sera reliée directement à l'entrée de la carte à convertisseur 10 bits.

Pour obtenir une mesure aussi précise que possible, les alimentations doivent présenter une excellente stabilité. Nous avons employé des régulateurs de tension LM317 et LM337 qui fournissent l'alimentation positive et négative. Les tensions de sortie seront ajustées à ± 10 V.

Le capteur de pression ne demandant qu'une seule alimentation, il sera connecté entre la ligne + 10 V et la masse. L'amplificateur différentiel nécessite une alimentation symétrique et les deux lignes seront connectées à son boîtier, et découplées par des condensateurs de 100 nF (C_1 et C_2).

LA RÉALISATION PRATIQUE DE LA CARTE À CAPTEUR DE PRESSION

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 10.17 Le schéma d'implantation des composants est représenté en figure 10.18.

Si, pour une raison quelconque, le circuit imprimé devait être redessiné, il faudrait tenir compte de deux points importants :

1. les connexions du capteur aux entrées de l'amplificateur différentiel seront aussi courtes que possible ;
2. la masse devra représenter une surface importante du circuit imprimé.

Trois straps seront à implanter avant de passer au câblage proprement dit. Il ne sera pas nécessaire de fixer les régulateurs de tension LM317 et LM337 sur des refroidisseurs, la consommation totale du montage étant négligeable.

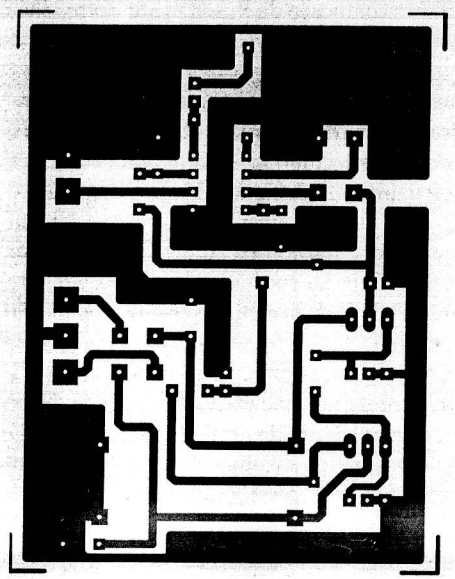


Figure 10.17.

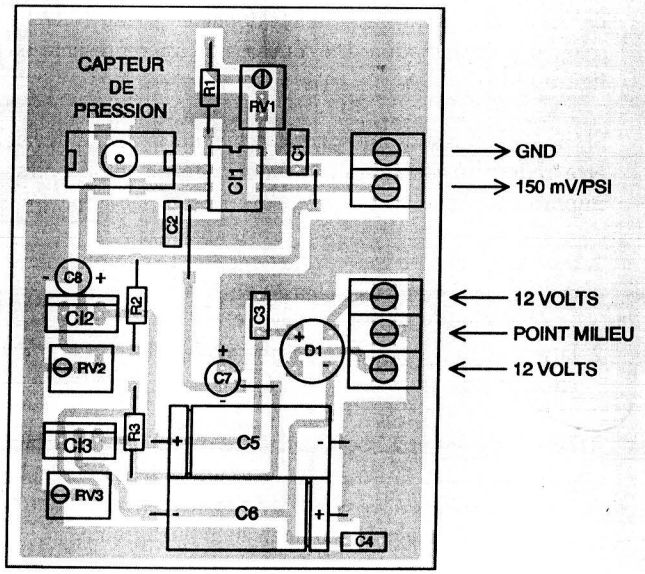
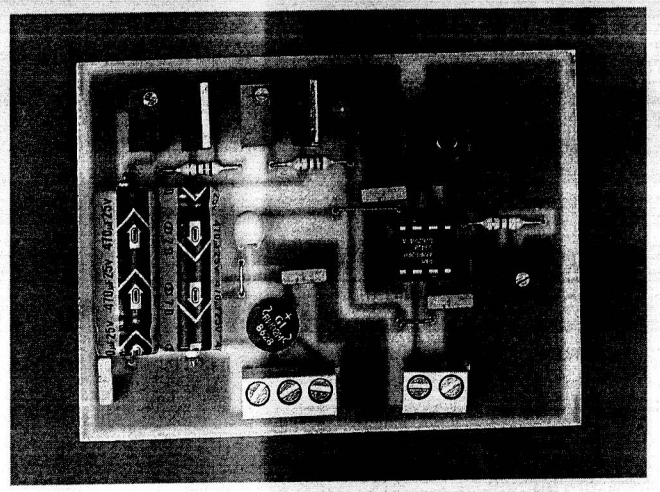


Figure 10.18.



L'amplificateur intégré (CI_1) pourra être implanté sur un support.

Les trois résistances ajustables (RV_1, RV_2 et RV_3) seront obligatoirement des modèles multitours.

Le transformateur d'alimentation n'est pas fixé sur le circuit imprimé. On pourra le placer dans un boîtier muni d'une fiche secteur afin de l'enficher directement dans une prise de courant. Il sera relié à l'aide de trois fils (2 x 12 V + point milieu) à la carte au moyen d'un bornier à vis à 3 points.

La tension de sortie qui sera appliquée à la carte PC de lecture s'effectuera également à l'aide d'un bornier à vis (à 2 points).

Liste des composants

Circuits imprimés :
CI_1 : AMP02 ANALOG DEVICES,
CI_2 : LM317,
CI_3 : LM337.

Semi-conducteurs :
D_1 : pont de redressement B50C1000 ou équivalent.

Résistances :
R_1 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge),
R_2, R_3 : 220 Ω (rouge, rouge, marron),
RV_1 : résistance ajustable 1 kΩ multitours,
RV_2, RV_3 : résistance ajustable 2 kΩ multitours.

Condensateurs :
C_1, C_2, C_3, C_4 : 100 nF,
C_5, C_6 : 470 µF 25 V axial,
C_7, C_8 : 10 µF 25 V radial.

Divers :
1 bornier à vis à 2 points,
1 bornier à vis à 3 points,
1 support pour circuit intégré 8 broches,
1 capteur de pression (voir texte),
1 transformateur 2 x 12 V 5 VA,
1 boîtier équipé d'une fiche secteur mâle,
1 fusible rapide 100 mA.

Les réglages et les essais de la carte à capteur de pression

Avant de placer CI_1 sur son support, on alimentera la carte et l'on ajustera les tensions de sortie des régulateurs à + 10 V et – 10 V. On mettra alors l'amplificateur en place, et l'on connectera un multimètre digital en sortie du capteur. On notera la tension de sortie (qui avoisinait, sur notre maquette, 6 mV). On raccordera ensuite le multimètre en sortie de l'amplificateur différentiel et l'on ajustera la résistance RV_1 afin d'obtenir dix fois la tension d'entrée. C'est le seul réglage à effectuer. On reliera ensuite l'entrée du capteur à un petit tuyau en plastique, et l'on exercera une pression sur le capteur en soufflant dedans. Le voltmètre devra alors indiquer une tension qui augmentera avec la pression de l'air.

CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	Platine des alimentations des cartes externes	17
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29
4	Cartes multifonctions	45
5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79
6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171
10	Utilisation des capteurs	187

11 VÉRIFICATEUR D'ÉTAT DE CIRCUITS LOGIQUES

Le schéma de principe 213
La connexion au circuit à tester 216
La réalisation pratique de la carte 217

Annexes 223

En conclusion de cet ouvrage, nous vous proposons la réalisation d'un montage qui permettra une mise au point plus facile des circuits numériques que nous avons décrit dans cet ouvrage et ceux que nos lecteurs construirons par eux-mêmes. C'est l'un des appareils que tout Amateur électronicien (et les autres) devrait posséder dès qu'il aborde la mise en œuvre de circuits logiques.

Il est en effet possible, à l'aide d'une sonde logique, de connaître l'état (0, 1 ou indéfini) d'une des sorties d'un circuit logique. Si ce dernier travaille à une fréquence peu élevée, on pourrait même dire très lente, il est possible également de déterminer le niveau de sortie de ses autres broches à l'aide de la même sonde. Mais cela devient très vite rigoureusement impossible dès que la vitesse atteint quelques hertz.

Le circuit que nous vous proposons de réaliser permettra de visualiser simultanément l'état de sortie de toutes les broches d'un circuit intégré logique, y compris sa broche d'alimentation positive et sa broche de masse. Cette visualisation pourra être effectuée sur des circuits comportant jusqu'à 24 broches.

Chaque sortie correspondra à deux DEL's : une DEL rouge pour visualiser un état haut, une DEL jaune (ou verte) pour visualiser un état bas, et lorsqu'aucune des deux DEL ne sera illuminée, c'est que la sortie correspondante correspondra à un état indéfini (ou haute impédance). Si les deux DEL's sont illuminées simultanément, trois cas sont à discerner :

1. la rouge est plus lumineuse que la jaune (ou verte) : cela correspond à un signal dont les impulsions positives sont plus longues que les impulsions négatives ;

2. la jaune (ou verte) est plus lumineuse que la rouge : les impulsions négatives du signal sont plus longues que les impulsions positives ;

3. la luminosité des deux DEL's est égale : le signal est symétrique.

Cela ne donne bien sûr qu'une indication approximative, mais suffisante dans la plupart des cas lorsqu'il s'agit de la phase de mise au point du montage.

LE SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe est donné en figure 11.1. On en remarque immédiatement le principe simple qui est employé. En effet, il a été fait appel à des comparateurs à fenêtre, nombreux il est vrai, car deux amplificateurs opérationnels formant le comparateur sont nécessaires pour la lecture d'une broche du circuit en cours de tests.

Le principe de fonctionnement en est le suivant : prenons le comparateur composé des amplificateurs opérationnels CI_1A et CI_1B. Une tension de référence haute est appliquée à l'entrée non inverseuse de CI_1A. Une deuxième tension de référence que nous appellerons basse alimente l'entrée inverseuse de CI_1B. Les deux entrées restantes, IN- de CI_1A et IN+ de CI_1B sont interconnectées et reliées à un réseau diviseur constitué des résistances RP_1 et RP_2. C'est la tension disponible au point milieu de ce diviseur qui détermine l'état indéfini de la sortie logique (ni 1, ni 0). Elle est réglée à 1,75 V, c'est-à-dire le milieu de la valeur du niveau indéfini.

Comme nous voulions pouvoir tester aussi bien les circuits de technologie TTL que les circuits CMOS (alimentés en + 5 V), quatre tensions de référence ont été nécessaires. En effet, les niveaux haut et bas des TTL et des CMOS ne sont pas identiques. Si un niveau bas en TTL est d'environ 0,4 V et 2,4 V pour un niveau haut, le niveau bas en CMOS est atteint à 1,5 V et un niveau haut à une valeur de 3,5 V.

Ces tensions de référence ont été réglées de la manière suivante :

TTL :
V_{ref} haute : 2 V à 2,4 V,
V_{ref} basse : 0,4 V à 0,7 V ;

CMOS :
V_{ref} haute : 3,5 V,
V_{ref} basse : 1,5 V.

Ainsi, tant que la tension présente à l'entrée du comparateur à fenêtre sera comprise entre un peu plus de V_{ref} basse et un peu moins de V_{ref} haute, les sorties des comparateurs ne pourront alimenter les DEL's, puisqu'elles présenteront une tension positive.

Figure 11.1.

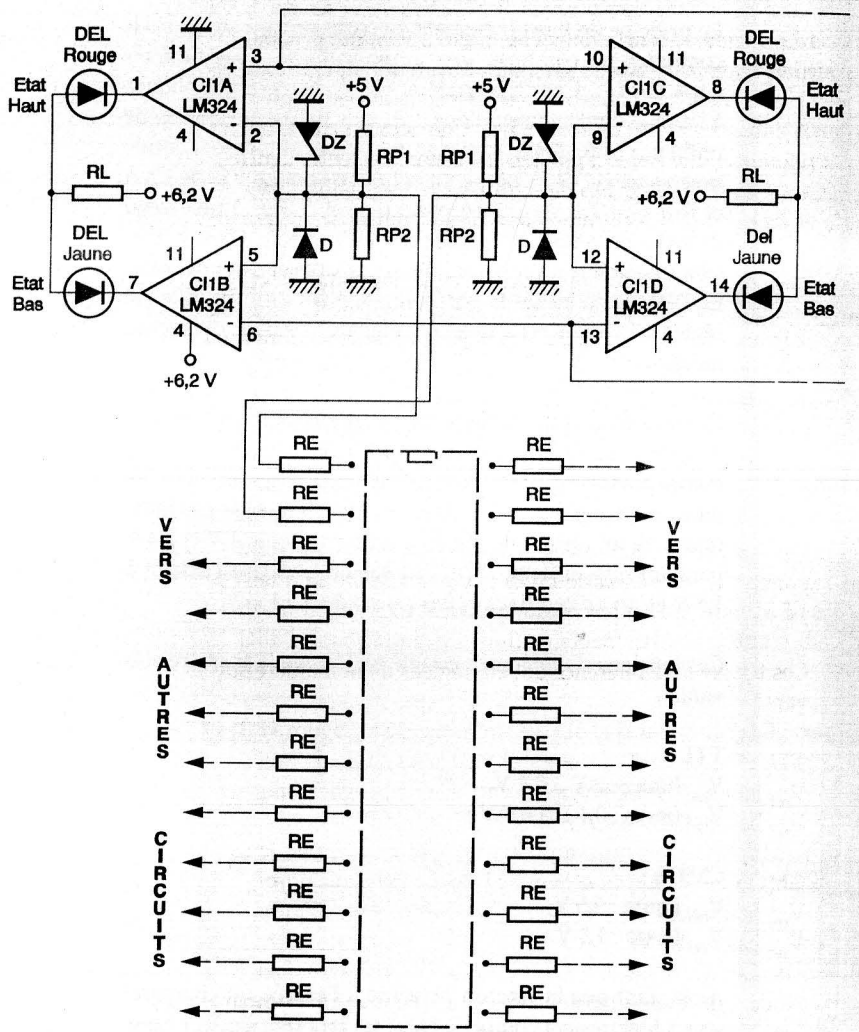
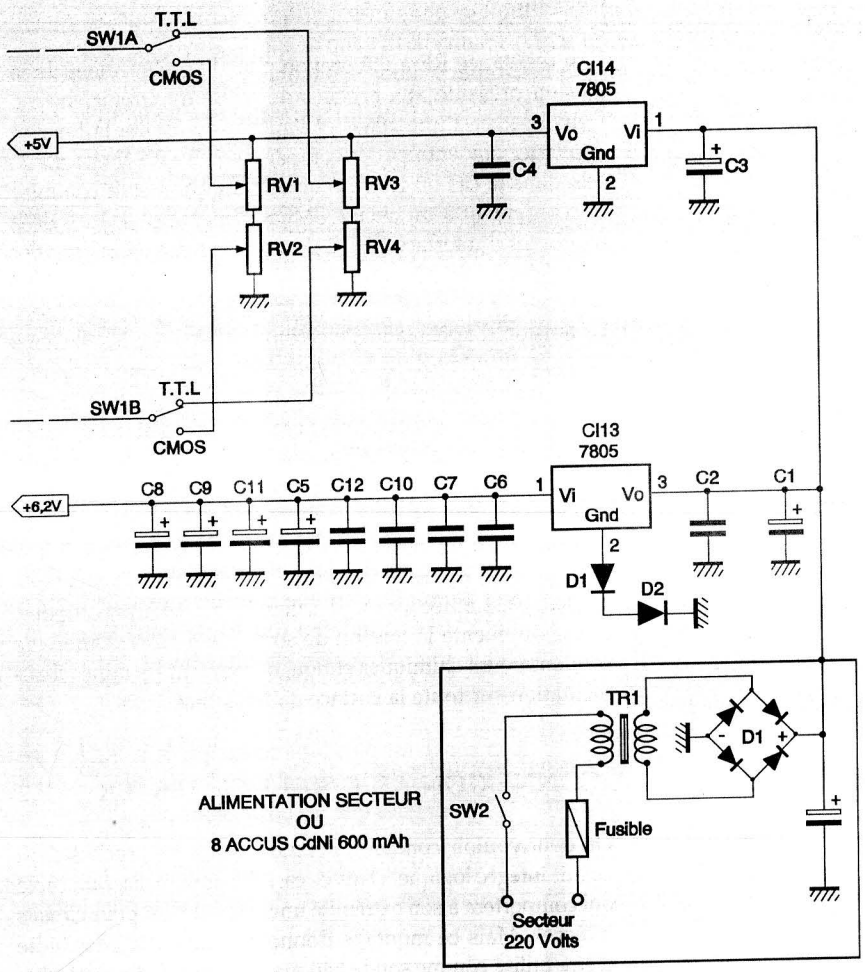


Figure 11.1.



Dès que la tension d'entrée présentera une valeur inférieure à V_{ref} basse, la sortie du comparateur CI_1B basculera et présentera un potentiel proche de la masse. La DEL jaune alimentée s'illuminera et signalera un état logique bas. De même, lorsque la tension d'entrée appliquée à CI_1A sera légèrement supérieure à V_{ref} haute, la sortie de ce dernier passera à 0 V, et la DEL rouge sera alimentée, signalant un état haut.

Une résistance RE a été prévue pour le prélèvement de la tension présente aux broches de sortie du circuit en test. Deux diodes, l'une zéner et l'autre non, limite la tension appliquée aux entrées des comparateurs à – 0,6 V et + 4,7 V, cela dans le cas où une erreur de connexion était commise (raccordement à un circuit CMOS alimenté en + 15 V ou à un circuit d'interface RS232 dont les niveaux peuvent aller de + 12 V à – 12 V).

La tension d'après laquelle seront déterminées les tensions de référence devra évidemment être d'une bonne stabilité. Nous avons fait appel à un régulateur de tension 7805. Les tensions V_{ref} basses et hautes seront fixées à l'aide de quatre résistances ajustables obligatoirement de type multitours. Deux petits inverseurs permettront de passer de la mesure de circuits TTL à la mesure de circuits CMOS. Les comparateurs sont alimentés sous une tension unique de + 6,2 V. Cette tension est issue d'un régulateur 7805 dont la broche de masse est reliée à cette dernière à l'aide de deux diodes, ce qui augmente la tension de sortie de + 1,2 V. Différents condensateurs chimiques et non, découplent les lignes d'alimentation sur toute la surface de la platine.

LA CONNEXION AU CIRCUIT A TESTER

On peut vouloir connaître l'état de toutes les broches d'un circuit intégré logique. Dans ce cas, il faudra réaliser un câble qui comportera à son extrémité une pince de test pour circuits intégrés. Mais ce montage donne également la possibilité d'être utilisé comme sonde logique à 24 entrées. En effet, chacune des entrées des comparateurs peut être indifféremment raccordée à un point quelconque d'une platine supportant de nombreux circuits numériques. Dans ce cas on pourra déterminer en même temps l'état logique présents en 24 points du circuit. Il faudra alors prévoir un câble identique à celui décrit dans le chapitre de l'analyseur logique, comportant un mini grip fils en extrémité de chaque fil de liaison.

Le mieux est de réaliser directement ces deux câbles, car d'une façon certaine, nous pensons qu'ils seront utilisés un jour ou l'autre.

LA RÉALISATION PRATIQUE DE LA CARTE

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 11.2, pour sa face inférieure. Nous avons effectivement prévu un circuit double face étant donné le nombre important de straps à implanter. Au risque de nous répéter, cette réalisation en double face n'est pas obligatoire et sera réservée à ceux qui le désireront. La face supérieure est donnée en figure 11.3.

On utilisera le dessin d'implantation représenté en figure 11.4 afin de câbler la platine. Celle-ci est d'une taille relativement imposante (environ 125 m x 180 mm). Le câblage sera réalisé dans l'ordre suivant :

1. mise en place des straps (pour ceux qui ne disposeront pas d'un circuit imprimé double face) ;
2. mise en place de toutes les diodes ;
3. mise en place de toutes les résistances (les résistances RE sont câblées debout) ;
4. mise en place des supports de circuit intégré ;
5. mise en place des condensateurs ;
6. mise en place des résistances ajustables. On achèvera le câblage par la soudure des régulateurs de tension (CI_{13} sera fixé sur un dissipateur pour boîtier TO220) et des borniers à vis, puis des picots et des cavaliers qui seront utilisés comme interrupteurs SW1A et SW1B.

Figure 11.2.

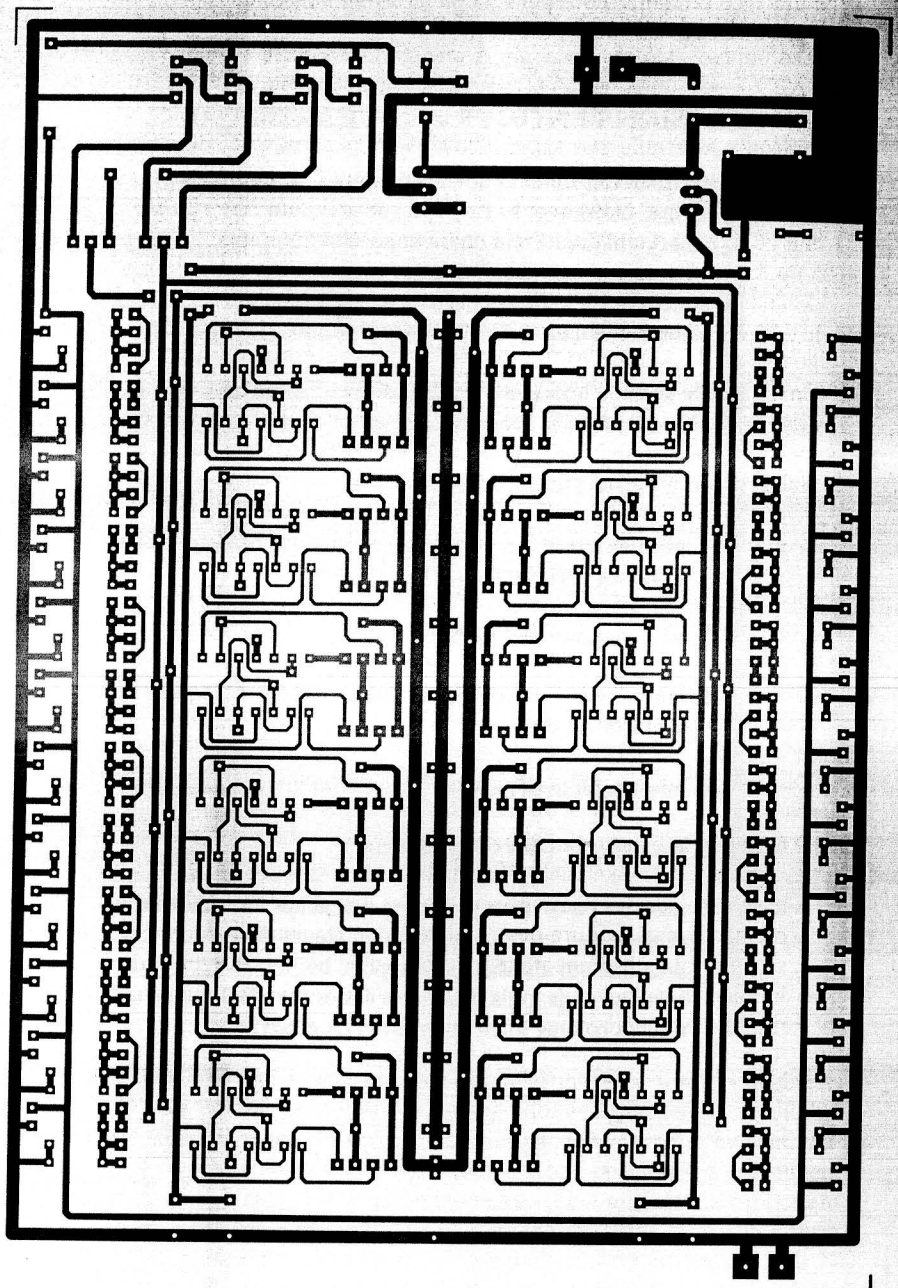


Figure 11.3.

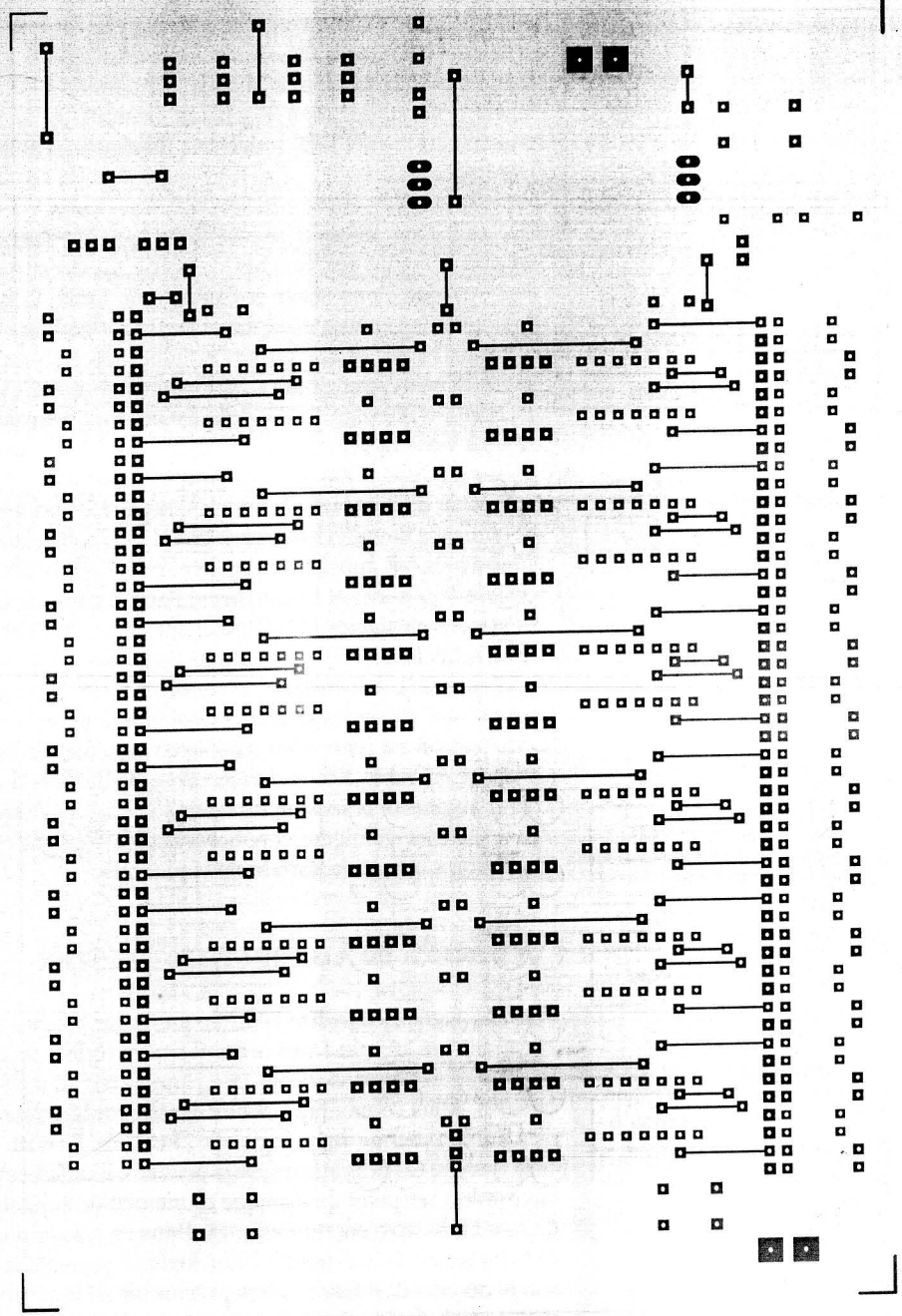
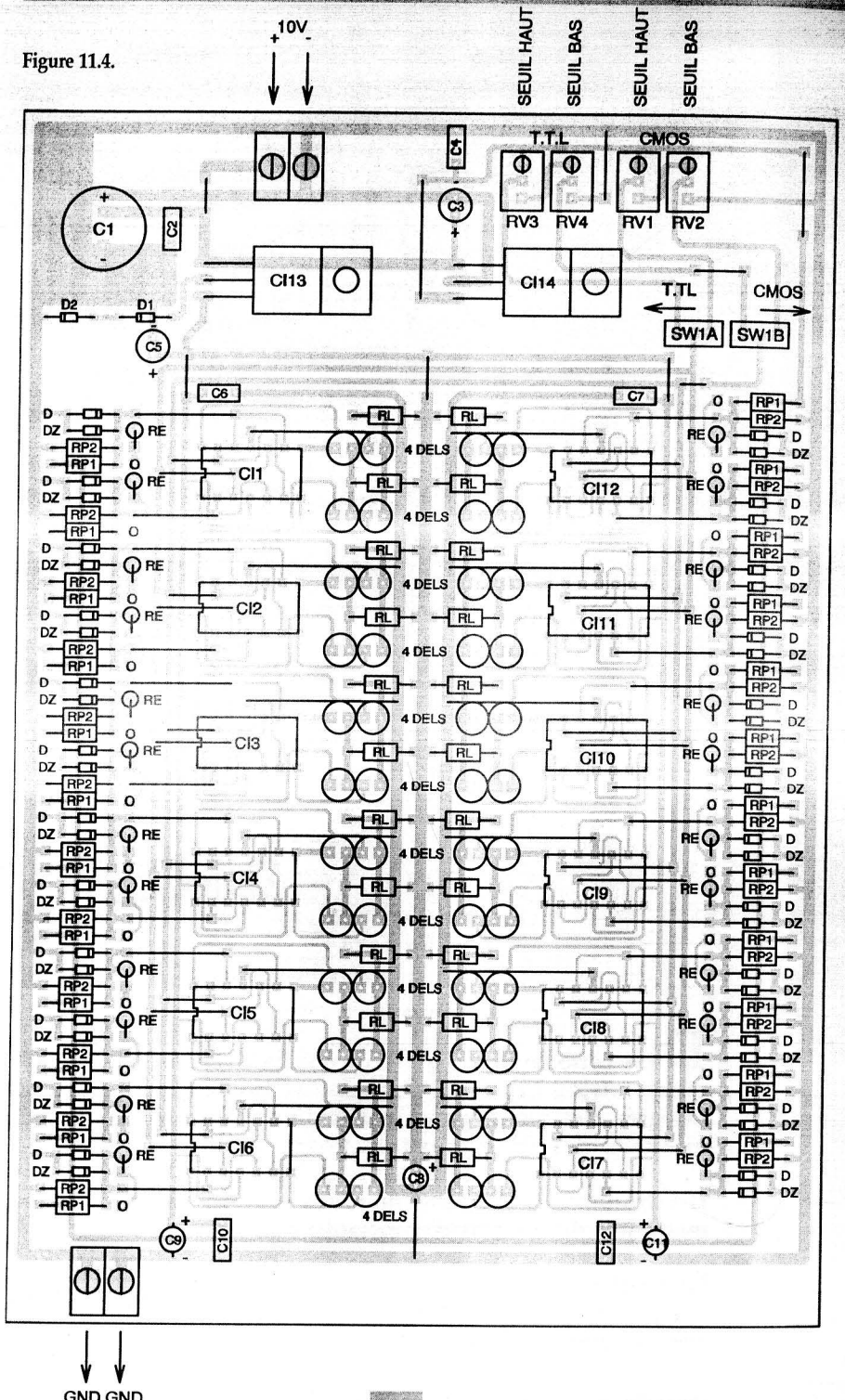
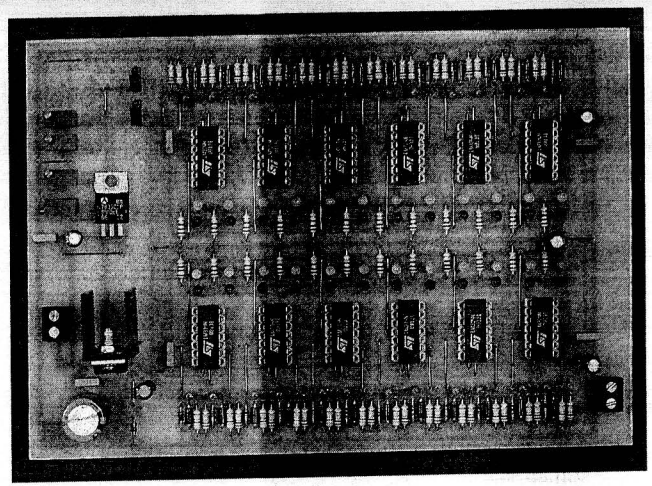


Figure 11.4.





Liste des composants

Circuits intégrés :
CI_1 à CI_{12} : LM324,
CI_{13}, CI_{14} : LM7805.

Semi-conducteurs :
D_1, D_2, DX24 : 1N4148,
DZX24 : zéner 4,7 V 0,4 watt,
DEL rouge x 24,
DEL jaune x 24.

Résistances :
RP_1 : 820 kΩ x 24 (gris, rouge, jaune),
RP_2 : 470 kΩ x 24 (jaune, violet, jaune),
RE : 3,3 kΩ x 24 (orange, orange, rouge),
RL : 100 Ω x 24 (marron, noir, marron),
RV_1, RV_2, RV_3, RV_4 : résistance ajustable 4,7 kΩ multitours.

Condensateurs :
C_2, C_4, C_6, C_7, C_{10}, C_{12} : 100 nF,
C_1 : 1000 µF 16 V,
C_3, C_5, C_8, C_9, C_{11} : 47 µF 16 V.

Divers :
1 refroidisseur pour boîtier TO220,
2 borniers à vis à 2 points,
12 supports pour circuit intégré 14 broches,
2 morceaux de barrette sécable à picots 3 points,
2 cavaliers.

Les réglages et les essais

On ne placera pas immédiatement les circuits intégrés sur leur support. La platine sera alimentée, et l'on contrôlera les tensions de sortie : + 5 V pour CI_{13} et + 6,2 V pour CI_{14}. On passera ensuite au réglage des résistances RV_1 à RV_4. Pour cela, on procédera de la manière suivante :

1. réglage de RV_1 afin d'obtenir une tension de 2,2 V sur son curseur ;
2. réglage de RV_2 afin d'obtenir une tension de 0,5 V sur son curseur ;
3. réglage de RV_3 afin d'obtenir une tension de 3,5 V sur son curseur ;
4. réglage de RV_4 afin d'obtenir une tension de 1,5 V sur son curseur.

On positionnera ensuite les circuits intégrés sur la platine, et l'on retouchera, si besoin est, au réglage que nous venons de voir si les tensions ont varié. Les inverseurs SW_1A et SW_1B seront placés en position TTL, et l'on reliera l'une des entrées de la platine à une alimentation réglable entre 0 V et 5 V. Par variation de la tension de sortie de cette dernière, on devra tout d'abord obtenir l'allumage de la DEL jaune, puis son extinction et enfin l'allumage de la DEL rouge. Toutes les entrées seront testée de cette manière. On basculera alors en position CMOS et l'on recommencera l'opération.

CHAPITRE		PAGE
1	Carte d'interface et décodage des adresses	9
2	Platine des alimentations des cartes externes	17
3	Carte d'entrées-sorties 32 lignes	29
4	Cartes multifonctions	45
5	Carte voltmètre pour adaptation au système de mesures	79
6	Testeur de transistors NPN et PNP	87
7	Oscilloscope sur ordinateur PC	97
8	Analyseur logique sur ordinateur PC	151
9	Une carte de mesure à convertisseur analogique-digital 10 bits	171
10	Utilisation des capteurs	187
11	Vérificateur d'état de circuits logiques	211

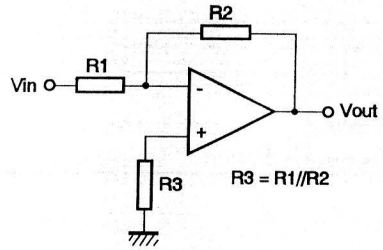
ANNEXES

Dans cette annexe, le lecteur pourra trouver quelques renseignements utiles en ce qui concerne le brochage de certains circuits intégrés, des régulateurs de tension utilisés dans cet ouvrage, ainsi que celui des principaux transistors.

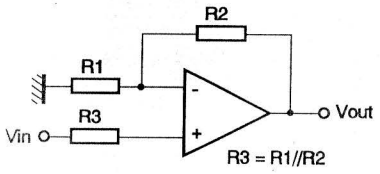
Il y trouvera également quelques schémas d'application supplémentaires de certains composants.

Le brochage du slot interne des PC et compatibles y est dessiné, ainsi que les laisons série et parallèle. Toutes les fonctions des broches sont indiquées.

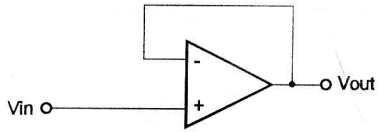
1. AMPLIFICATEUR OPERATIONNELS : MONTAGES DE BASE



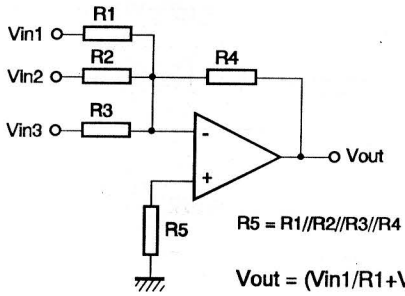
Montage inverseur
faible résistance entrée = R1
Gain = R2/R1
Vout = Vin x - (R2/R1)



Montage non inverseur
grande résistance entrée
Gain = R2//R1 + 1



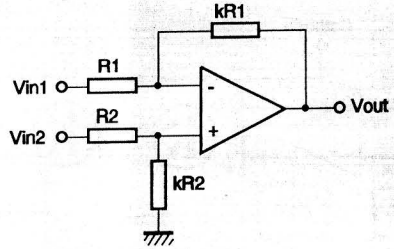
Montage suiveur
Vout = Vin



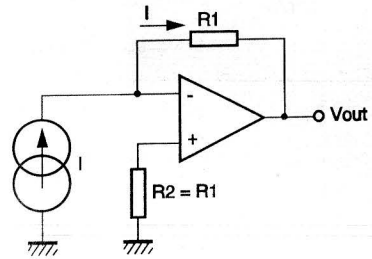
Montage sommateur

Vout = (Vin1/R1+Vin2/R2+Vin3/R3) R4

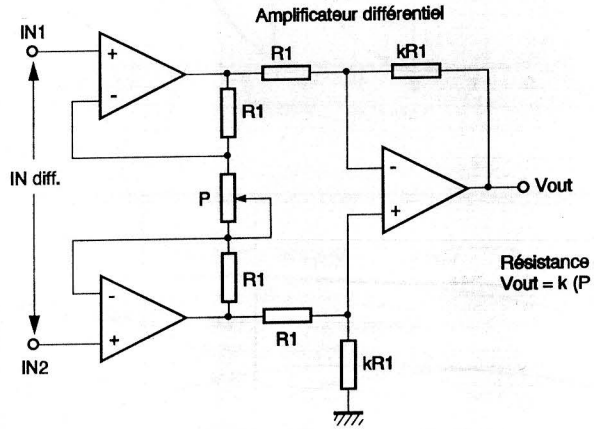
2. AMPLIFICATEUR OPERATIONNELS : MONTAGES DE BASE



Montage Soustracteur
Vout = k (Vin1 - Vin2)

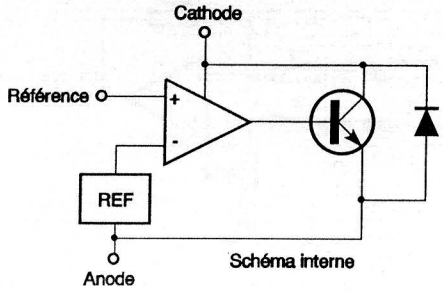


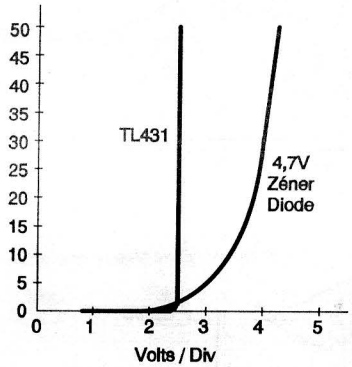
Montage convertisseur
courant tension
Vout = RI

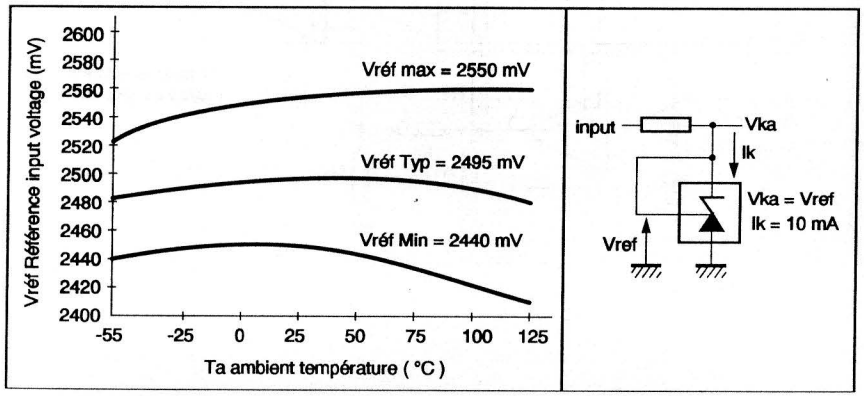


Résistance d'entrée très grande
Vout = k (P + 2R1 / P) (IN2 - IN1)

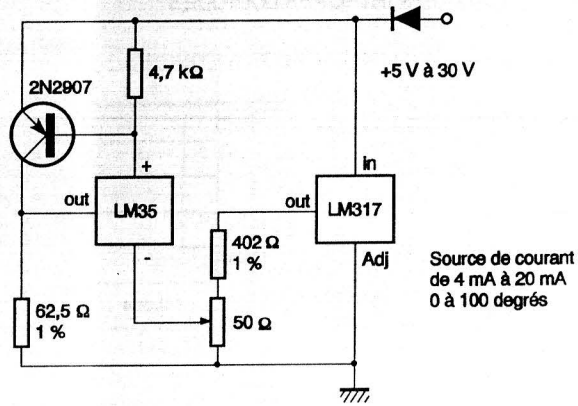
3. LA ZENER DE REFERENCE TL431CLP

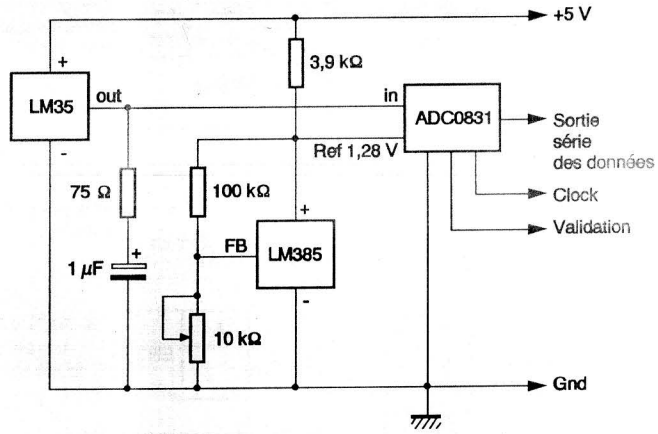




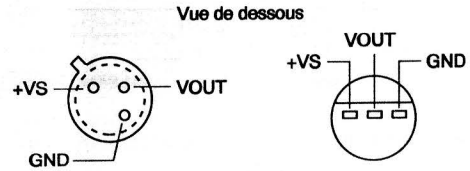


4. MONTAGES A LM35





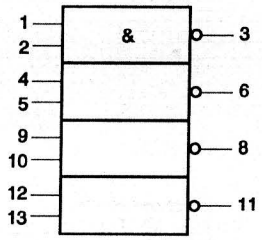
Température tension vers micro (128 degrés pleine echelle)



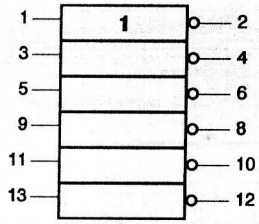
Boîtier TO46 métal

Boîtier TO92 plastique

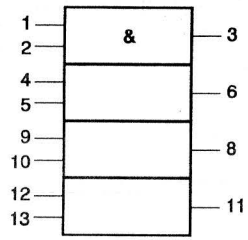
5. CIRCUITS INTEGRES LOGIQUES



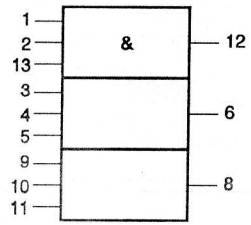
74LS00



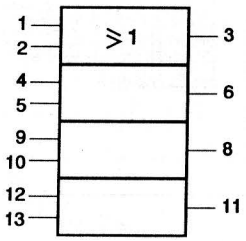
74LS04



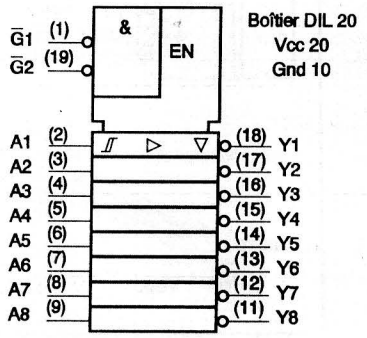
74LS08



74LS11



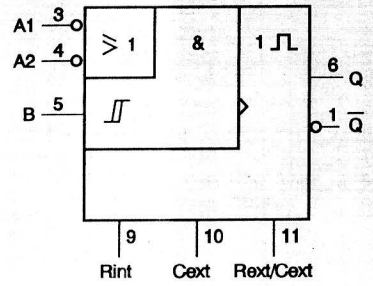
74LS32



74LS540

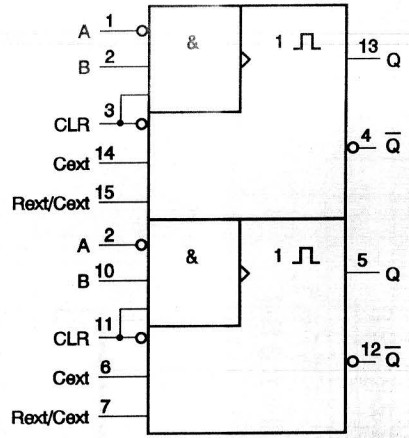
BROCHES ALIMENTATIONS 14 : +Vcc 7: Gnd

6. CIRCUITS INTEGRES LOGIQUES



74121
14: +Vcc 7: Gnd

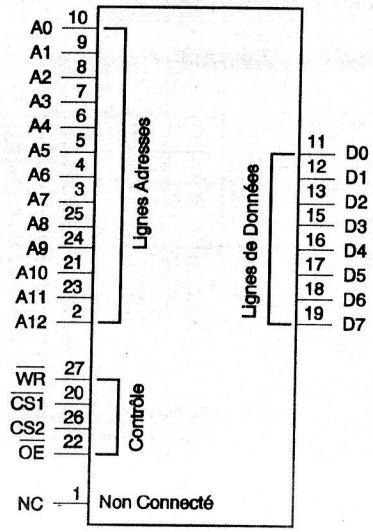
$\overline{A1}$	$\overline{A2}$	B	Q	$\overline{Q}$
L	X	H	L	H
X	L	H	L	H
X	X	L	L	H
H	H	X	L	H
H	↓	H	⎍	⎎
↓	H	H	⎍	⎎
↓	↓	H	⎍	⎎
L	X	↑	⎍	⎎
X	L	↑	⎍	⎎



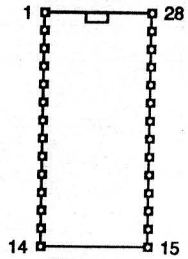
74LS123
16: +Vcc 8: Gnd

$\overline{CLR}$	A	B	Q	$\overline{Q}$
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑	⎍	⎎
H	↓	H	⎍	⎎
↑	L	H	⎍	⎎

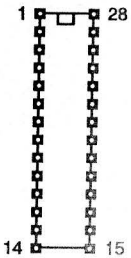
7. MEMOIRES



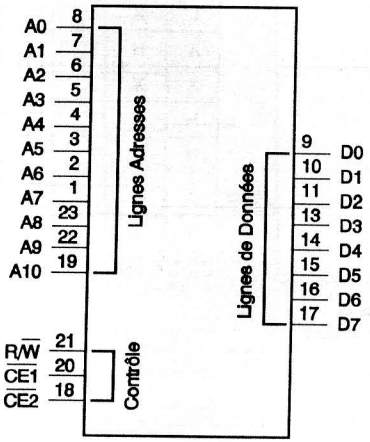
Mémoires 6264 et CY7C185
8 koctets x 8
28 : +Vcc / 14 : GND



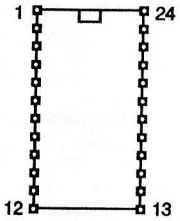
BOITIER 6264



BOITIER CY7C185



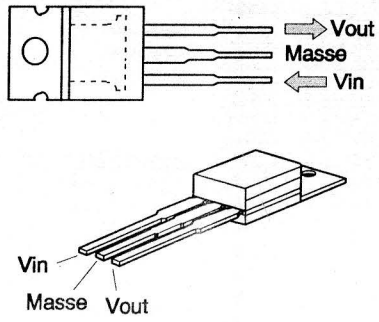
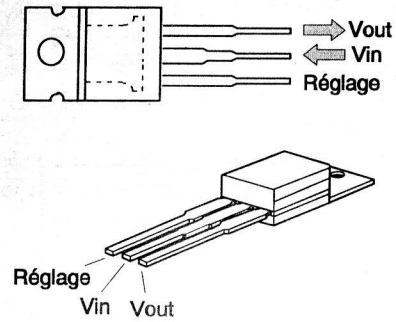
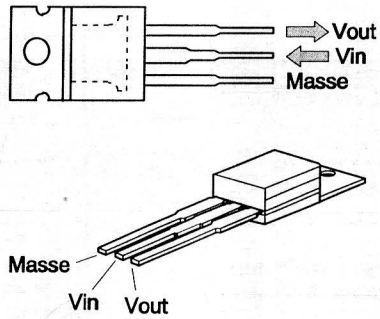
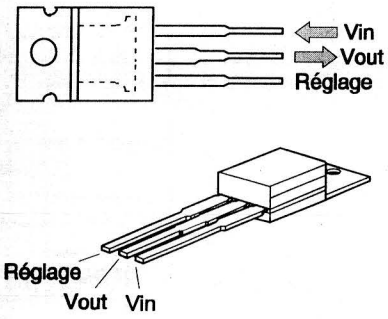
Mémoire 6116
2 koctets x 8
24 : +Vcc / 12 : GND



BOITIER 6116

8.

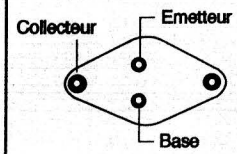
BROCHAGE DES REGULATEURS DE TENSION INTEGRES

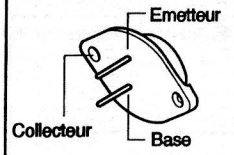
7805 - 7812 - 7815	LM337
	
7905 - 7912 - 7915	LM317
	

9.

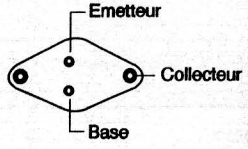
Brochage des différents types de boitiers des transistors

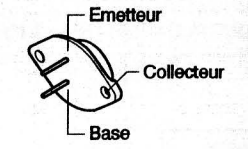
BOITIER TO3 — Vue de dessous



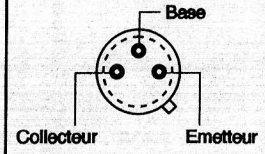


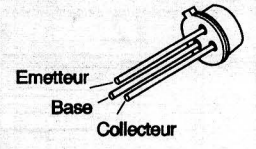
BOITIER SO55 — Vue de dessous



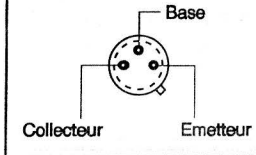


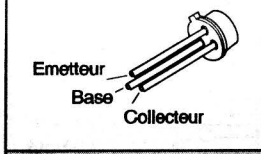
BOITIER TO5 — Vue de dessous



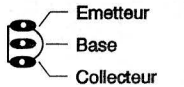


BOITIER TO18 — Vue de dessous

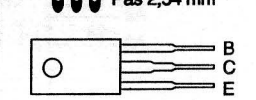




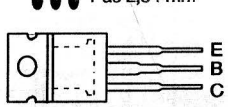
BOITIER TO92 — Vue de dessus



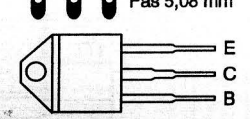
BOITIER TO126 — Vue de dessus



BOITIER TO220 — Vue de dessus

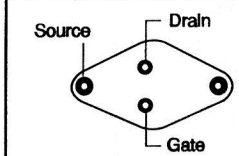


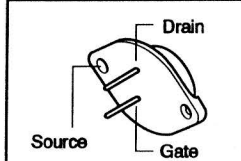
BOITIER SOT93 — Vue de dessus



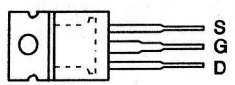
TRANSISTORS MOS DE PUISSANCE

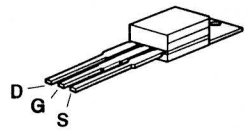
BOITIER TO3 — Vue de dessous



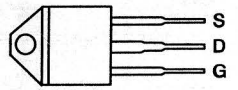


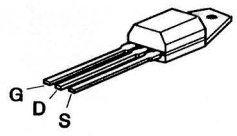
BOITIER TO220 — Vue de dessus





BOITIER SOT93 — Vue de dessus

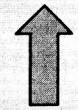




10.

CONNECTEUR INTERNE DES PC ET COMPATIBLES BUS 8 BITS

FACE ARRIERE DU MICRO ORDINATEUR



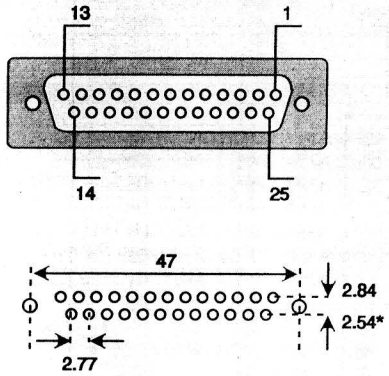
GND	B1		A1	I/O CH $\overline{CK}$
RESET	B2		A2	D7
+5V	B3		A3	D6
IRQ2	B4		A4	D5
-5V	B5		A5	D4
DRQ2	B6		A6	D3
-12V	B7		A7	D2
RESERVE	B8		A8	D1
+12V	B9		A9	D0
GND	B10		A10	I/O CH READY
$\overline{MEMW}$	B11		A11	AEN
$\overline{MEMR}$	B12		A12	A19
$\overline{IOW}$	B13		A13	A18
$\overline{IOR}$	B14		A14	A17
$\overline{DACK3}$	B15		A15	A16
DRQ3	B16		A16	A15
$\overline{DACK1}$	B17		A17	A14
DRQ1	B18		A18	A13
$\overline{DACK0}$	B19		A19	A12
CLOCK	B20		A20	A11
IRQ7	B21		A21	A10
IRQ6	B22		A22	A9
IRQ5	B23		A23	A8
IRQ4	B24		A24	A7
IRQ3	B25		A25	A6
$\overline{DACK2}$	B26		A26	A5
DMATC	B27		A27	A4
ALE	B28		A28	A3
+5V	B29		A29	A2
OSC	B30		A30	A1
GND	B31		A31	A0

CONNECTEUR PC 8 BITS - VUE DE DESSUS

11.

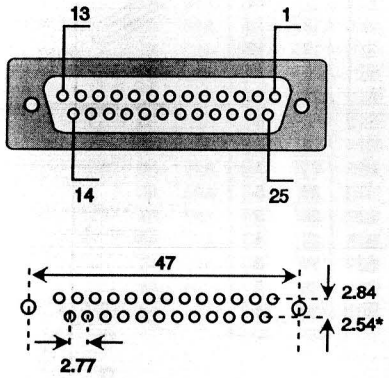
BROCHAGES DES CONNECTEURS DE LA LIAISON SERIE ET DE LA LIAISON PARALLELE DES PC ET COMPATIBLES

CONNECTEUR RS232



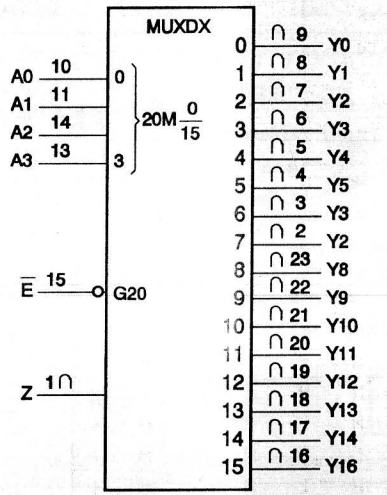
1 : GND - MASSE DU CHASSIS
2 : TX - EMISSION DES DONNEES
3 : RX - RECEPTION DES DONNEES
4 : RTS - DEMANDE EMISSION
5 : CTS - PRET A EMETTRE
6 : DSR - DONNEE PRETE
7 : GND - MASSE DES SIGNAUX
8 : DCD - DETECTION DE PORTEUSE
20 : DTR - DONNEE PRETE
22 : RI - INDICATEUR DE SONNERIE

CONNECTEUR IMPRIMANTE



1 : STROBE
2 : D0
3 : D1
4 : D2
5 : D3
6 : D4
7 : D5
8 : D6
9 : D7
10 : ACKNOWLEDGE
11 : BUSY
12 : PAPER END
13 : DETECT
14 : AUTO FEED
15 : ERROR
16 : INIT
17 : SELECT IN
18-19-20-21-22-23-24-25 : GND

12. MULTIPLEXEUR-DEMULTIPLEXEUR ANALOGIQUE 16 VOIES

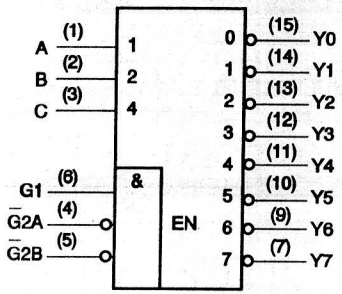


Boîtier DIL 14
Vdd 24
Vss 12

Entrées					Voie en Fonction
$\overline{E}$	A3	A2	A1	A0	
L	L	L	L	L	Y0 - Z
L	L	L	L	H	Y1 - Z
L	L	L	H	L	Y2 - Z
L	L	L	H	H	Y3 - Z
L	L	H	L	L	Y4 - Z
L	L	H	L	H	Y5 - Z
L	L	H	H	L	Y6 - Z
L	L	H	H	H	Y7 - Z
L	H	L	L	L	Y8 - Z
L	H	L	L	H	Y9 - Z
L	H	L	H	L	Y10 - Z
L	H	L	H	H	Y11 - Z
L	H	H	L	L	Y12 - Z
L	H	H	L	H	Y13 - Z
L	H	H	H	L	Y14 - Z
L	H	H	H	H	Y15 - Z
H	X	X	X	X	aucun

4067

13. DECODEUR - DEMULTIPLEXEUR 3 VERS 8



Boîtier DIL 16
Vcc 16
Gnd 8

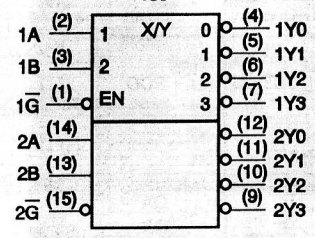
Entrées					Sorties							
Valid.		SELECT.										
G1	G2*	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

*G2 = G2A + G2B

74LS138

14. DEUX DECODEURS-DEMULTIPLEXEURS 2 VERS 4

139



Boîtier DIL 16 - Vcc 16 - Gnd 8

239

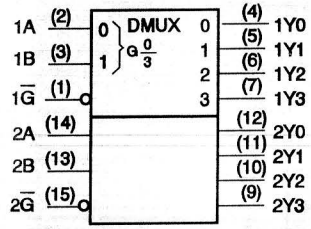
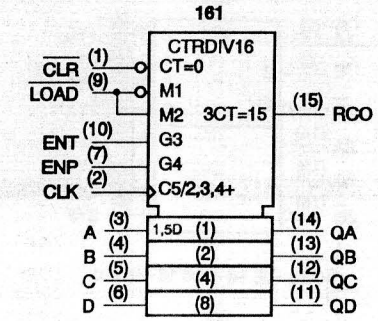


Table 139

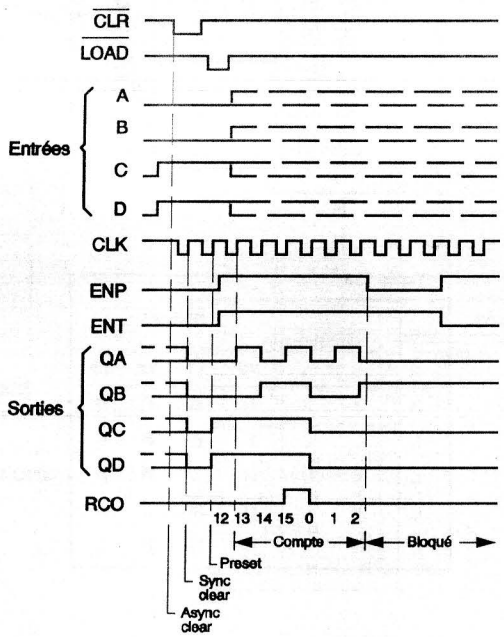
Entrées			Sorties*			
Valid.	SELECT					
G	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

*239 Sorties inversées

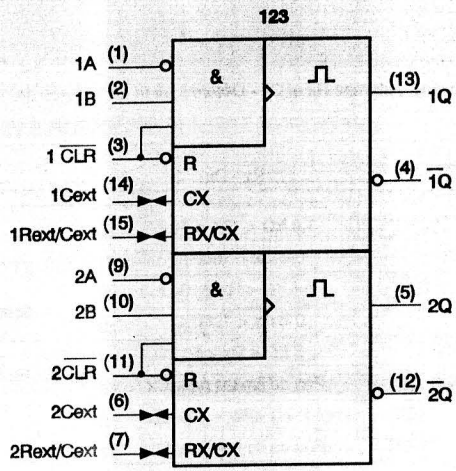
15. COMPTEUR BINAIRE SYNCHRONE PROGRAMMABLE 161

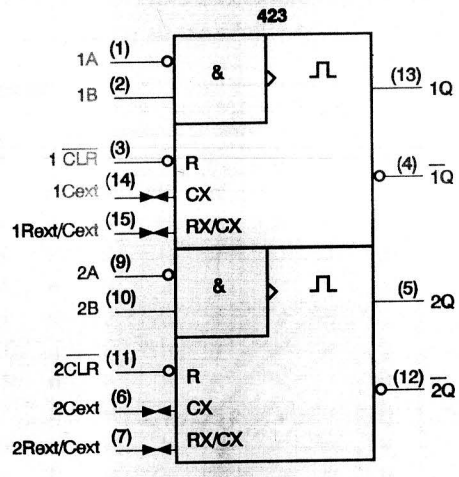


Boîtier DIL 16
Vcc 16
Gnd 8



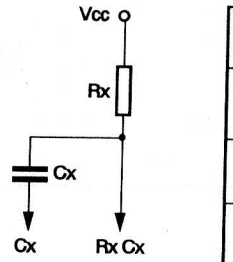
16. DEUX MONOSTABLES REDECLENCHABLES AVEC RAZ

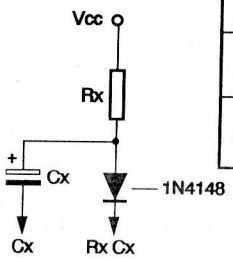




		Entrées			Sorties	
		CLR	A	B	Q	$\overline{Q}$
123	423	L	X	X	L	H
		X	H	X	L	H
		X	X	L	L	H
		H	L	↑	⎍	⎎
		H	↓	H	⎍	⎎
		↑	L	H	⎍	⎎

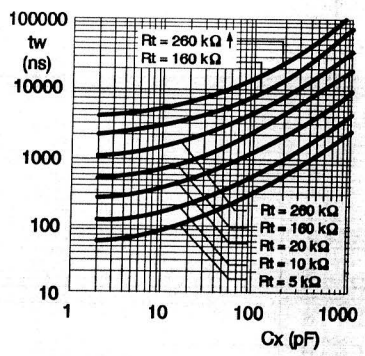
17. Valeurs limites des composants externes Rx et Cx - Détermination de la durée de l'impulsion tw.



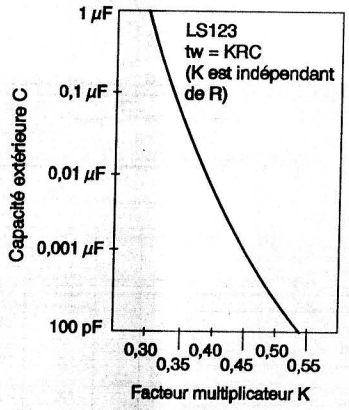


Circuits	Rx - Cx	tw en ns Rx en kΩ - Cx en pF
74121 74221	1,4 kΩ < Rx < 40 kΩ 0 < Cx < 1000 µF	tw = 0,7 Rx Cx
74 LS 221	1,4 kΩ < Rx < 100 kΩ 0 < Cx < 1000 µF	
74122 74123	5 kΩ < Rx < 50 kΩ Pas de limites pour Cx	tw = K * Rx * Cx $(1 + \frac{0,7}{Rx})$
74 HC 123 74 HCT 123	2 kΩ < Rx < 100 kΩ Pas de limites pour Cx	tw = 0,45 Rx Cx
74 LS 122 74 LS 422	5 kΩ < Rx < 260 kΩ Pas de limites pour Cx	tw = 0,45 Rx Cx
74 LS 123 74 LS 423		tw = K Rx Cx

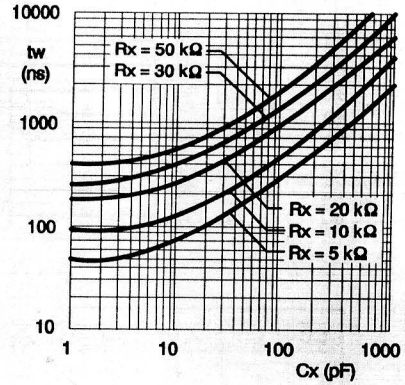
K = 0,28 pour * 123, 0,32 pour * 122.
Avec un condensateur chimique et une diode,
K= 0,25 pour * 123 et 0,28 pour * 122.
K - Cette valeur dépend de Cx et figure ci-dessous.



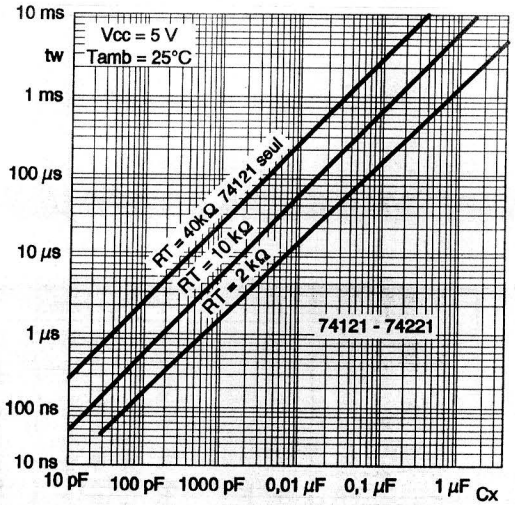
LS 122 - LS 123 - tw en fonction de Cx



17.

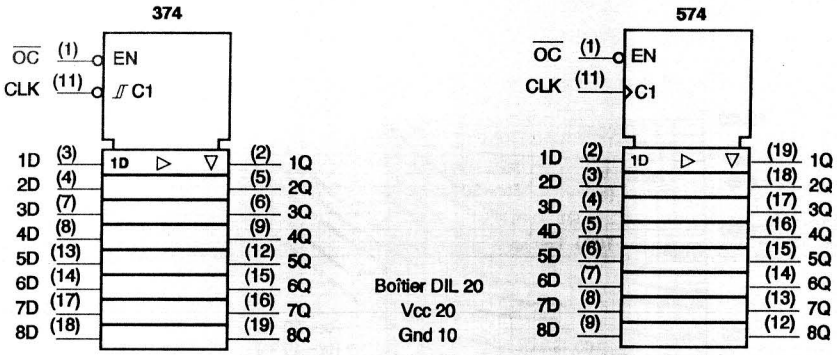


74122 - 74123 - tw en fonction de Cx



Largeur de l'impulsion tw en fonction de Cx

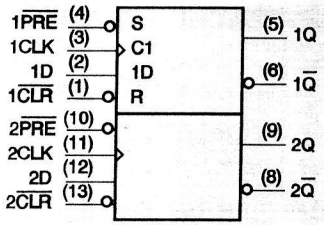
18. OCTUPLE BASCULE D SORTIE 3 ETATS



Boîtier DIL 20
Vcc 20
Gnd 10

$\overline{OC}$	CLK	D	Q
L	↑	H	H
L	↑	L	L
L	L	X	Q0
H	X	X	Z

19. DEUX BASCULES D AVEC R ET S - DECLENCHEMENT PAR FRONT MONTANT



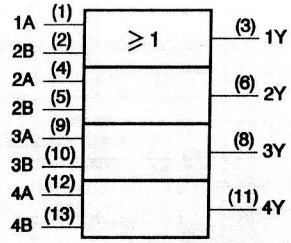
Boîtier DIL 14
Vcc 14
Gnd 7

Entrées				Sorties	
$\overline{PRESET}$	$\overline{CLEAR}$	$\overline{CLOCK}$	D	Q	$\overline{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H*	H*
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q0	$\overline{Q0}$

*Etat instable

74LS74

20. QUATRE PORTES OU A 2 ENTREES

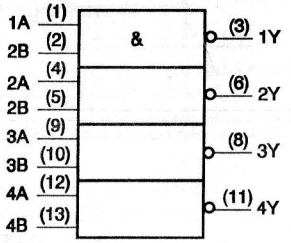


Y = A + B

Boîtier DIL 14
Vcc 14
Gnd 7

74LS32

21. QUATRE PORTES ET-NON A ENTREES

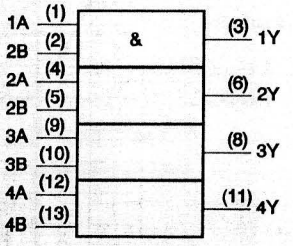


$Y = \overline{A * B}$

Boîtier DIL 14
Vcc 14
Gnd 7

74LS00

22. QUATRE PORTES ET A 2 ENTREES



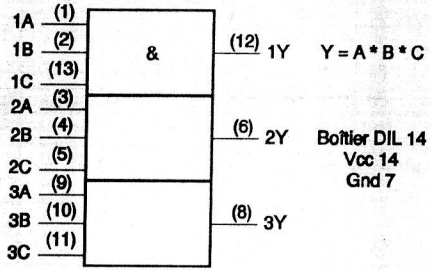
Y = A * B

Boîtier DIL 14
Vcc 14
Gnd 7

74LS08

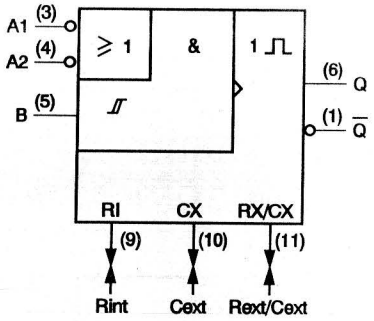
23.

TROIS PORTES ET A 3 ENTREES



24.

MONOSTABLE MULTIVIBRATEUR
AVEC BASCULE DE SCHMITT EN ENTREES



Le déclenchement du monostable peut être obtenu soit par un flanc de croissance sur l'entrée B, soit par un flanc de décroissance sur l'une des entrées A.

Le déclenchement a lieu lors du franchissement d'un seuil. Après le déclenchement, les sorties sont indépendantes des transitions ultérieures.

Table de fonctionnement

$\overline{A1}$	$\overline{A2}$	B	Q	$\overline{Q}$
L	X	H	L	H
X	L	H	L	H
X	X	L	L	H
H	H	X	L	H
H	↓	H	⎍	⎍
↓	H	H	⎍	⎍
↓	↓	H	⎍	⎍
L	X	↑	⎍	⎍
X	L	↑	⎍	⎍

Boîtier DIL 14
Vcc 14
Gnd 7

25.

Comme nous l'avons écrit dans l'introduction, la disquette jointe à ce livre, outre les programmes, contient tous les fichiers des circuits imprimés. Ceux-ci se présentent en deux versions :

Sous-répertoire LASER : ce sont les fichiers qui seront utilisés avec une imprimante laser. Nous recommandons vivement leur utilisation afin d'obtenir la finesse de reproduction maximale. Les imprimantes de ce type se trouvent maintenant dans le commerce pour moins de 4000,00 F et un tel investissement est très vite amorti par la facilité avec laquelle elles donnent un résultat d'une infinie qualité.

Sous-répertoire JET : ce sont les fichiers qui seront utilisables avec une imprimante à jet d'encre ou une imprimante matricielle à 24 aiguilles. Là, les résultats sont nettement moins bon, car la finesse du tracé n'égale pas ce que l'on obtient avec une imprimante laser.

Les différents fichiers sont livrés compactés (ZIP), et ils nécessitent avant leur utilisation un décompactage à l'aide de l'utilitaire PKUNZIP que chacun possède, et qui est disponible sur la plupart des serveurs français. Ce décompactage devra être réalisé sur disque dur, les fichiers étant compressés avec un facteur de 20. L'impression des circuits se fera simplement, en entrant la commande à l'invite du DOS : type exemple.***>prn

Cette impression devra être effectuée sur transparents laser, jet d'encre ou matricielle. Le typon ainsi obtenu pourra alors être utilisé à l'insolation des plaques époxy présensibilisées.

Les différents fichiers

Lorsqu'ils seront décompactés, les fichiers se présenteront soit avec un suffixe *.LAS (pour LASER) soit un suffixe *.JET (pour JET D'ENCRE).

Les différents noms des fichiers sont :

10BITS.*** circuit de la carte PC à convertisseur 10 bits
,CRT32.*** circuit de la carte PC 32 entrées - sorties
,DECODE.*** circuit de la carte PC de décodage des adresses
,AD595.*** circuit de la carte à capteur de température AD595
,AD7581.*** circuit de la carte à convertisseur AD7581
,ADC0808.*** circuit de la carte à convertisseur ADC0808
,ALIMBASE.*** circuit de la platine alimentation du système multifonctions analogiques
,ALIMOSC.*** circuit de la platine alimentation de l'oscilloscope
,ALIMS5.*** circuit de la platine alimentation à 5 tensions de sortie
,AMP02.*** circuit de la carte à capteur de pression
,ANALYS1.*** circuit de la carte de l'étage d'entrée de l'analyseur logique
,ANALYS2.*** circuit de la carte de prélèvement des signaux de l'analyseur logique
,BASEANA.*** circuit de la carte de base du système multifonctions analogiques
,BASEOSC.*** circuit de la carte de base de l'oscilloscope
,CRTVOLT.*** circuit de l'adaptateur de lecture de tensions continues
,LM35.*** circuit de la carte à capteur de température LM35
,OSCCONTR.*** circuit de la carte de contrôle de l'oscilloscope
,OSCCONV.*** circuit de la carte à convertisseur de l'oscilloscope
,OSCHORL.*** circuit de la carte horloge de l'oscilloscope
,OSCMEM.*** circuit de la carte mémoire de l'oscilloscope
,PINCETST.*** circuit de la carte contrôleur d'état à pince de tests
,TRANSIST.*** circuit de la carte contrôleur de transistors
.

Imprimerie Arts Graphiques du Perche 28240 Meaucé
Dépôt légal : août 1995 — N° d'Imprimeur 951174
Imprimé en France

Mesures et PC

Patrice OGUIC

Nous proposons dans cet ouvrage, à ceux que l'électronique et l'informatique passionnent, diverses réalisations qui ont toutes un point commun : elles permettent la saisie puis la mesure d'informations électriques extérieures à l'aide d'un ordinateur de type PC.

Ces informations pourront provenir de systèmes aussi variés qu'un circuit électronique en essai, des capteurs de température ou de pression ou d'un montage à circuits numériques dont on désire connaître le diagramme de fonctionnement. Ces signaux pourront revêtir des formes variées : tensions sinusoïdales, carrées ou triangulaires, tensions de formes quelconques, tensions continues basses et hautes, signaux logiques ...
A l'aide de cet ouvrage, le lecteur pourra réaliser entre autre :
- une carte d'interface au PC et compatible,
- un oscilloscope,
- un analyseur de signaux logiques,
- un système multifonctions analogiques,
- une carte à convertisseur analogique - digital de haute précision, ...

Nous n'avons pas laissé de côté la partie numérique, et nous vous proposons la réalisation d'une carte de 32 entrées - sorties qui pourra être utilisée seule, mais qui sera très utile dans certaines applications sur les mesures.

Tous les circuits imprimés nécessaires à ces réalisations sont reproduits dans le livre. Afin de simplifier ce travail, nous avons également inclus dans la disquette de programmes jointe à cet ouvrage, les fichiers de réalisation de ces circuits. Ainsi, les lecteurs pourront obtenir directement les typons en effectuant une impression de ces fichiers sur des transparents adaptés à leur machine laser ou jet d'encre.

EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES

9 782855 352367 Code 023959

ISBN 2-85535-236-3

ETSF